

Aus der chirurgischen Abteilung des
Martin-Luther-Krankenhauses
Direktor: Prof. Dr. med. Hermann Domrich

Frakturen
der langen Röhrenknochen
im Kindesalter

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Friedrich Klapp
aus Gießen

Berlin 1967

Aus der chirurgischen Abteilung des
Martin-Luther-Krankenhauses
Direktor: Prof. Dr. med. Hermann Domrich

Frakturen
der langen Röhrenknochen
im Kindesalter

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Friedrich Klapp
aus Gießen

Berlin 1967

Dekan: Professor Dr. med. Alfred N. Witt
Referent: Professor Dr. med. Horst Cotta
Korreferent: Professor Dr. med. Hermann Franke



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 24.7.1967

Frakturen der langen Röhrenknochen im Kindesalter.

Einleitung:

Die Behandlung von Kindern, die Frakturbehandlung nicht ausgenommen, stellt in der Medizin eine der erfreulichsten, jedoch auch verantwortungsvollsten Tätigkeiten dar. Das große Regenerationsvermögen im Kindesalter und der Wille der Kinder zur baldigen Genesung bedeuten für den Arzt eine wichtige Hilfe. Er muß sich jedoch immer vergegenwärtigen, daß Komplikationen der Knochenbruchheilung bei Kindern schwerer wiegen können als bei Erwachsenen. Es sei hier nur auf die Möglichkeit einer Wachstumsstörung oder einer ischämischen Muskelkontraktur hingewiesen. Daher muß auf eine besonders sorgfältige Behandlung und Überwachung des Heilverlaufs geachtet werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Ergebnisse der Behandlung von 206 kindlichen Frakturen im Martin Luther-Krankenhaus festzustellen.

Allgemeiner Teil

Der wachsende junge Knochen ist reich an unverkalktem osteoiden Gewebe und ist aus diesem Grunde elastischer als der des Erwachsenen. Durch die vorhandenen knorpeligen Abschnitte ist eine weitere Steigerung der Elastizität gewährleistet. Diese Eigenschaft wirkt sich dahingehend aus, daß der jugendliche Knochen einer viel stärkeren indirekten Gewalteinwirkung ausgesetzt sein kann, ohne zu brechen. Gegen direkt angreifende Kräfte ist der junge Knochen nicht so gut geschützt, da die Festigkeit des Knochengewebes wegen der geringen Mineralsalzeinlagerung noch gering ist. Direkt angreifende Kräfte spielen im Kindesalter jedoch eine untergeordnete Rolle, so daß zu erwarten wäre, Frakturen im Kindesalter seien ein seltenes Vorkommnis. Nur dem unbändigen Bewegungsdrang der Kinder und der häufigen Exposition bei Spiel und Sport ist es zuzuschreiben, daß man doch zahlreiche Frakturen bei Kindern beobachtet.

Das Periost ist in jungen Jahren dicker und dehnbarer als in höherem Alter. Histologisch lassen sich seine beiden Schichten noch deutlich unterscheiden:

1. Die Adventitia als äußere schützende Schicht (auch Stratum fibrosum)
2. Das Kambium, die eigentliche Keimschicht (Stratum generativum), die aus einem dichten Saum von Osteoblasten besteht als Ausdruck der hier ständig stattfindenden Knochenneubildung.

Die Kambiumschicht bildet sich zurück, wenn das Dickenwachstum abgeschlossen ist.

Aufgrund des dicken, elastischen Periosts kann es zu einer besonderen Frakturform kommen, bei der die Kontinuität des Knochens zwar unterbrochen, das Periost aber noch vollständig oder nahezu vollständig erhalten geblieben ist (Grünholzfraktur).

Während das Dickenwachstum vom Periost ausgeht, findet das Längenwachstum in der knorpeligen Metaphyse (Epiphysenscheibe) statt. Der Knorpel wächst nach der Seite der Epiphysen und verknöchert fortschreitend von der Seite der Diaphysen. Sailer teilt die Epiphysenscheibe in 5 Zonen ein:

1. Zone des ruhenden Knorpels
2. Zone der Knorpelzellwucherung

3. Zone der Knorpelzellsäulen
4. Zone der hypertrophen Knorpelzellen
5. Zone der Verkalkung der Knorpelzellgrundsubstanz

Eine Fraktur in diesem Bereich, eine Ablösung der Epiphyse, tritt meistens in der 5. Zone, der Ossifikationszone, ein (Sailer), weil diese nicht mehr die Elastizität des Knorpels und noch nicht die Festigkeit des Knochens besitzt.

Eine Wachstumsstörung tritt nach direkter Verletzung und Zerstörung des proliferierenden Knorpels ein (Friedrich und Viehweger). Eine gestörte Ernährung des Knorpels soll nach ihrer Ansicht keine größere Bedeutung für eine Wachstumshemmung haben, da sich der Fugenknorpel im Experiment wesentlich widerstandsfähiger zeigte als der umgebende Knochen.

Friedrich und Viehweger führten bei 11 Kindern mit Epiphysenlösungen und Epiphysenfrakturen röntgenologische Längenmessungen nach 10 - 73 Monaten durch. Es ergab sich nur 1 mal eine Verkürzung, 4 mal gleiche Länge, 6 mal aber eine Verlängerung des verletzten Knochens von 0,2 - 1,8 cm. Die Verfasser nehmen an, daß eine Fraktur in der Nähe der Epiphyse als abakterielle Entzündung einen Reiz auf das Wachstum ausüben kann, daß also das verstärkte Wachstum bei Epiphysenfrakturen als Reaktion des Fugenknorpels auf einen Reiz durch die regenerativen Vorgänge im Knochenbruchbereich aufzufassen ist.

Die Heilung eines Knochenbruches erfolgt in 2 Stadien (zit. nach Lauche) :

1. Bildung des vorläufigen, provisorischen Kallus
 - a) Bildung des bindegewebigen Kallus
 - b) dessen Umprägung in den knöchernen Kallus
2. Umbau des provisorischen in den endgültigen oder definitiven Kallus.

Bildung des provisorischen Kallus: Die Umgebung der Knochenbruchstelle ist in wechselndem Ausmaß von frischen Blutungen durchsetzt. Sie heben das Periost mehr oder weniger weit vom Knochen ab und drängen nicht selten seine Schichten auseinander. Die Blutungen erstrecken sich auch wechselnd weit in die Umgebung zwischen die zerrissenen Weichteile, in die Haversschen Kanäle und in das Knochenmark. Vom Ende des 2. Tages nach Eintritt der Fraktur an findet man

eine starke Blutüberfüllung der Gefäße in der Umgebung der Bruchstelle. Die Bindegewebszellen im Bereich des Bruches sind aufgequollen, beginnen sich zu vermehren und zusammen mit Gefäßsprossen in das Fibrinnetzwerk des inzwischen geronnenen Blutergusses auszuwachsen. Auch die Weichteile in der Umgebung der Bruchstelle sind oedematös durchtränkt und von einer - meist geringen - Zahl von Granulozyten durchsetzt. Es handelt sich dabei um eine sero-fibrinöse aseptische Entzündung, die nur bei Infektion oder anderweitiger Verunreinigung der Bruchstelle einen mehr eitrigen Charakter annimmt. Nach 5 - 8 Tagen ist das Haematom mitsamt dem Exsudat von Bindegewebszellen und Gefäßsprossen durchwachsen, es ist organisiert. Die äußersten Enden der Knochenbruchstücke beginnen der Nekrose zu verfallen, die am Schwund der Knochenzellkerne kenntlich ist. Der Umfang der Nekrotisierung hängt wesentlich von der Stärke der Gewalteinwirkung und der Bruchform ab (Axhausen u. Bergmann). Bei Fissuren und glatten Durchbrüchen ist sie geringfügig, bei Zertrümmerungsbrüchen kann sie ein gewaltiges Ausmaß annehmen. An dem Organisationsvorgang beteiligt sich der Gefäßbindegewebsapparat aller in der Umgebung befindlichen Gewebe: Periost, Knochenmark und Inhalt der Haversschen Kanäle.

Das Ausgangsmaterial für die Kallusbildung ist ebenfalls das Mark, das Periost sowie der Inhalt der Haversschen Kanäle, auch gelegentlich das Bindegewebe in der weiteren Umgebung. Lauche unterscheidet 3 Zonen des Kallus:

1. äußerer, peripherer oder periostaler Kallus,
2. innerer, zentraler, endostaler Kallus,
3. mittlerer oder intermediärer Kallus zwischen den Bruchstücken der Knochenrinde.

Die Kallusbildung beginnt etwa am 2. Tage mit dem Einwachsen des Gefäßbindegewebes in das Haematom an der Bruchstelle. Das Organisationsgewebe unterscheidet sich zunächst nicht nachweisbar von dem Gewebe, das bei der Organisation von Blutergüssen an anderen Stellen des Körpers auftritt. Erst am 3. bis 4. Tage treten Veränderungen auf, welche das Organisationsgewebe zum bindegewebigen Kallus umprägen. Die ganze Bruchstelle wird mit einer Art von gelatinösem Ödem durchtränkt. In dem so vorbereiteten starren Bindegewe-

be treten zahlreiche kollagene Fasern auf, die oft büschelförmig angeordnet sind. Vom 4. - 5. Tage ab treten an den von den Gefäßen am weitesten entfernten Stellen Verdichtungsherde auf, die Fasern verschmelzen zu einer anscheinend gleichmäßigen, homogenen Masse, dem "Osteoid". Durch geeignete Färbemethoden lassen sich die Fasern in den Herden noch nachweisen, daher spricht Lauche von einer "Maskierung" der Fasern durch die Ausfällung eines Eiweißkörpers. Die Verdichtungen vereinigen sich zu einem schwammartigen Maschenwerk, welches die Blutgefäße als Achsen umschließt. Die Zellen des Organisationsgewebes werden von dem Osteoid in der Lage und Anordnung eingeschlossen, in der sie sich gerade befinden. Die den osteoiden Bälkchen außen anliegenden Zellen quellen in den späteren Stadien der Kallusbildung auf und umsäumen, manchmal in dichten Reihen, geradezu epithelartig die osteoiden Bälkchen. Andere Autoren (Voss, Fanconi, Ascenzi u. Benedetti) vertreten die Ansicht, daß die zu Osteoblasten transformierten pericapillären Zellen sich zu geschlossenen Reihen anordnen. Durch Sekretion von Grundsubstanz und Fibrillen sollen sie sich selbst einmauern.

Lauche ist der Meinung, daß die Osteoblasten einen Stoff liefern, der zur Ausfällung des Osteoids notwendig ist. Seine Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Ausfällung des Osteoids, ähnlich wie die des Amyloids, in den Maschenräumen des mesenchymalen Netzwerkes, also extrazellulär, zustande kommt.

Die Verkalkung des neu gebildeten Osteoids geschieht unter dem Einfluß der in den Osteoplasten gebildeten Knochenphosphoesterase. Die Wirkung der Phosphoesterase sinkt zunächst durch eine zunehmende Azidose, die bei jeder Verletzung, auch bei einem Knochenbruch, in einem umschriebenen Bereich eintritt. Durch die Azidose wird Kalzium stärker ionisiert und Kalk aus dem Knochen der Umgebung gelöst. Mit der Zunahme der reparativen Vorgänge kehrt die normale Reaktion zurück und die Phosphoesterasewirkung steigt. Die als lösliche Phosphorsäureester dem Knochen zugeführten Salze werden gespalten und in unlöslicher Form abgelagert. Die Bildung des provisorischen Kallus ist mit der Entstehung der grobkörnig verkalkten provisorischen Kallusbälkchen im Bereich aller organisierten Haematome an der Bruchstelle beendet. Es handelt sich um typischen Bindegewebsknochen oder grobgebündelten Faserknochen.

Der endgültige Kallus entsteht im Laufe von Monaten bis Jahren. Der zunächst gebildete Bindegewebsknochen wird während der weiteren Entwicklung schrittweise abgebaut und vollständig von lamellärem Knochen ersetzt.

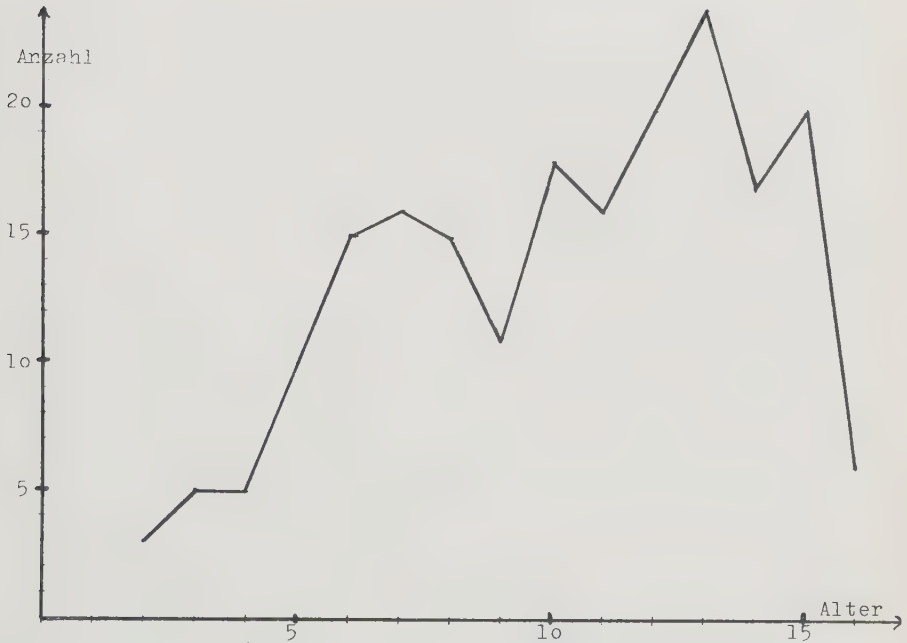
In zahlreichen Arbeiten wird übereinstimmend eine bessere und schnellere Knochenbruchheilung in der Kindheit festgestellt. Bei erwachsenen Menschen muß durch den Reiz der Verletzung die Wachstums- bzw. Regenerationstätigkeit neu angeregt werden, während bei Kindern eine allgemeine Wachstumsneigung noch vorhanden ist (Plagemann). Eine bei wachsenden Knochen zu beobachtende reichliche Gefäßversorgung ermöglicht eine besonders hochgradige Hyperämie und begünstigt eine rasche Kallusbildung (Riebenack, Lexer).

Durch lebhaftes Umbauvorgänge ist der wachsende Knochen in der Lage, eine schlechte anatomische Fragmentstellung weitgehend zu korrigieren, indem Knochenvorsprünge abgebaut und Lücken mit neugebildetem Knochengewebe ausgefüllt werden. Mit steigendem Lebensalter läßt die Fähigkeit nach, die anatomische Gestalt noch entscheidend zu verändern.

Die Heilungszeiten bei Frakturen im Kindesalter liegen größtenteils unter denen im Erwachsenenalter, was sich u. a. aus einer Untersuchung von Plagemann ergibt. Sie konnte zeigen, daß Oberschenkelschaftbrüche bei Kindern durchschnittlich in 5 - 6 Wochen heilten und damit fast 5 Wochen eher geheilt waren als gleiche Frakturen Erwachsener. Unterschenkelbrüche heilten mit etwa 6 Wochen um 2 Wochen schneller, kombinierte Unterarmbrüche mit gleichfalls 6 Wochen 1 Woche schneller. Lediglich isolierte Radiusbrüche brauchten etwa die gleiche Zeit zur knöchernen Festigkeit, nämlich 4 Wochen.

Spezieller Teil

Es wird über 206 Frakturen der langen Röhrenknochen berichtet, die in den Jahren von 1952 - 1962 im Martin Luther-Krankenhaus behandelt wurden. Das Alter der 196 Kinder - einige von ihnen hatten mehrmals einen Unfall oder erlitten gleichzeitig an mehreren Extremitäten eine Fraktur - lag zwischen 2 und 16 Jahren. Die Altersverteilung ist folgender Kurve zu entnehmen:



Ein Anstieg der Kurve bis zu etwa 13 Jahren ist deutlich zu erkennen. Unter den Kindern befanden sich 127 Knaben und 69 Mädchen, in Prozenten 64,8 % : 35,2 %. Manhejm gibt die Prozentzahlen mit 62 % : 38 %, Plagemann mit 64,5 % : 35,5 % und Joost nur am Unterarm mit 64,4 % : 35,6 % an. Das Überwiegen der Knaben mit 2 : 1 ist deutlich und wird im allgemeinen auf die derbere Wesensart zurückgeführt.

Die Frakturursache war bei der überwiegenden Mehrzahl der Kinder ein Spiel- oder Sportunfall, nur bei 18 Kindern lag ein Verkehrsunfall vor und bei 1 älteren Jungen ein Berufsunfall. Diese Angaben werden sicher je nach den Gegebenheiten im Einzugsbereich eines jeden Krankenhauses stark schwanken.

Es gelang uns, 40 Kinder nach 2 - 12 Jahren nachzuuntersuchen und den endgültigen oder doch nahezu endgültigen Ausgang der Frakturheilung zu beurteilen.

Humerusfrakturen

Typische Lokalisationsstellen der Humerusfrakturen sind die proximale Humerusepiphyse und das collum chirurgicum, der supracondyläre Bereich, die Condylen und Epicondylen. Schaftfrakturen sind im Kindesalter recht selten. Wir fanden unter 41 Humerusbrüchen nur 4 Schaftbrüche, dagegen 9 subcapitale Frakturen (darunter 2 Epiphysenlösungen) und 28 Frakturen im distalen Bereich.

Frakturen des proximalen Humerus mit geringer Dislokation werden ohne weitere Einrichtung in einem Desault-Verband ruhiggestellt (Böhler, Matzner). Eine manuelle Reposition wird bei größerer Verschiebung notwendig: das distale Bruchstück wird in die Richtung des proximalen Bruchstücks gebracht und möglichst mit ihm verzahnt. Die Ruhigstellung erfolgt nun im Desault-Verband oder in einer Abduktionsschiene. Böhler äußert sich zurückhaltend über die Verwendung von Abduktionsschienen, weil sie schwierig anzulegen seien und bei geringen Ungenauigkeiten verrutschen. Achsenabknickungen und Pseudarthrosen seien die möglichen Folgen. Läßt sich mit den angegebenen Methoden keine ausreichende Stabilität der Fragmente erreichen, muß ein Brust-Armgipsverband angelegt werden in der Stellung, in der der Bruch am günstigsten gehalten werden kann. Blount und Matzner betonen, daß der Arm nicht in einer bestimmten Stellung, etwa der anatomischen oder funktionellen Mittelstellung, fixiert werden müsse, sondern die Stellung richte sich nur danach, wie die Fraktur am günstigsten gehalten werden könne. Schädigungen der Muskulatur und der Gelenke seien nicht zu befürchten.

Von den 9 Frakturen des proximalen Humerus konnten 7 konservativ befriedigend behandelt werden: 2 von 3 Grünholzbrüchen heilten ausgezeichnet im Desault-Verband, die anderen 5 Frakturen - unter ihnen der 3. Grünholzbruch - wurden auf einer Abduktionsschiene gelagert. Nur ein 4-jähriger Junge, bei dem wegen einer deutlichen Verkürzung zusätzlich noch eine Drahtextension angelegt worden war, wurde mit einer Dislokation entlassen. Es bestand eine nach dorsal offene Winkelbildung von 140 Grad und eine Verschiebung des distalen Bruchstücks um halbe Schaftbreite nach ventral. Die Funktion war jedoch ausreichend. Die Nachuntersuchung 10 Jahre später ergab eine uneingeschränkte Funktion, ein Knochen-

vorsprung oder eine Winkelbildung waren klinisch nicht mehr nachweisbar. Nach Matzner beträgt der Wachstumswert der Knorpelfugen am proximalen Humerus 80 - 81 % des Gesamtwachstums des Knochens. Eine Schädigung des Epiphysenknorpels führt hier daher zu besonders deutlichen Folgen. Epiphysenfrakturen in diesem Gebiet treten nach Blount vornehmlich im Alter von 8 bis 14 Jahren auf. Die bei uns behandelten Kinder waren 12 bzw. 13 Jahre alt. Eine Fraktur ließ sich gut reponieren und auf einer Abduktionsschiene halten. Die Nachuntersuchung 7 Jahre später ergab klinisch ein einwandfreies Ergebnis. Der andere Fall verlief nicht so glatt:

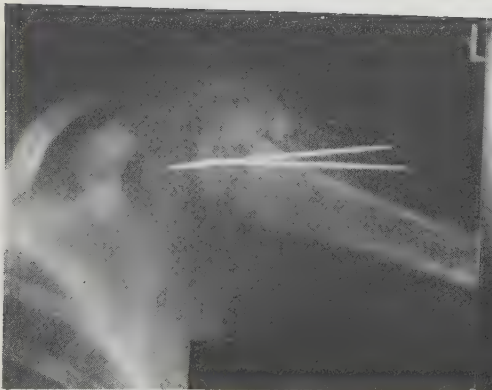
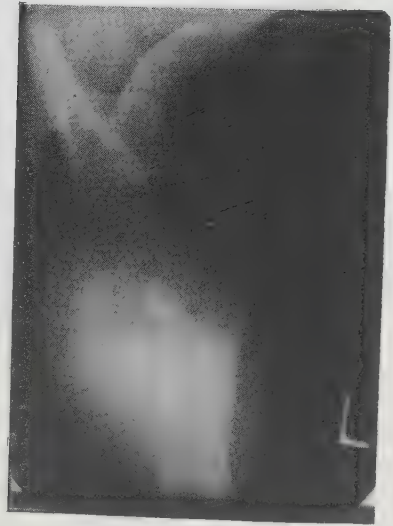
Abb. E. S., 13 J. Der Pat. wurde eingewiesen, weil eine 50 Tage alte Fraktur des linken Oberarmkopfes mit Epiphysenlösung in schlechter Stellung verheilt war. Als einzige Bewegungen waren eine Anteversion von 80° und eine Abduktion von 30° möglich. Im Röntgenbild zeigte sich eine erhebliche Dislokation des distalen Fragments nach medial und ventral mit überschießender Callusbildung. Nach Freilegung der Bruchstelle wurden die Fragmente mobilisiert, der luxuriöse Callus wurde abgetragen und der Humeruskopf mit 2 Kirschnerdrähten fixiert. Bei der Entlassung nach 2 Monaten bestand nahezu freie Beweglichkeit, der linke Oberarm war 1 cm kürzer als der rechte. Die Nachuntersuchung 9 Jahre später ergab eine Verkürzung um 2 cm, als deren Ursache eine Verletzung der Wachstumszellen in der Metaphyse anzusehen ist. Die Beweglichkeit im Schultergelenk war uneingeschränkt.

Ein operativer Eingriff wurde auch bei einem subcapitalen Humerusschragbruch mit erheblicher Verkürzung bei einer fast 16-jährigen Patientin vorgenommen. Die Reposition mit Hilfe einer Drahtextension war mißlungen, da der Draht aus dem Olecranon ausgerissen war. Nach blutiger Reposition konnte die Fraktur mit einer erneuten Drahtextension in befriedigender Stellung gehalten werden. Bei der Entlassung bestand noch eine geringe Einschränkung der Bewegungen im Schultergelenk, vorwiegend der Außenrotation.

Oberarmschaftbrüche entstehen bei Kindern gewöhnlich durch direktes Trauma, ein Fall auf die Hand oder den Ellenbogen verursachen eine Fraktur an anderer

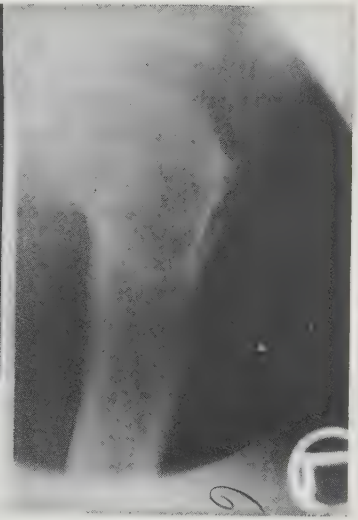
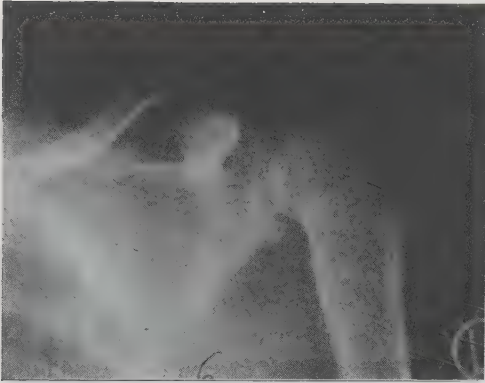
Eberhard Sch., 13 J., 17.9.55:

Epiphysenlösung am linken Humeruskopf mit Abbruch eines Knochenstücks von der Diaphyse. Stärkere Abwinkelung des distalen Fragments. Deutliche Callusbildung.



Eberhard Sch., 17.10.55:

Nach Reposition und Drahtfixation erhebliche Verbesserung der Fragmentstellung. Wegen starker Callusbildung kein vollständiger Ausgleich der Abwinkelung.



Eberhard Sch., 1. 8. 66:

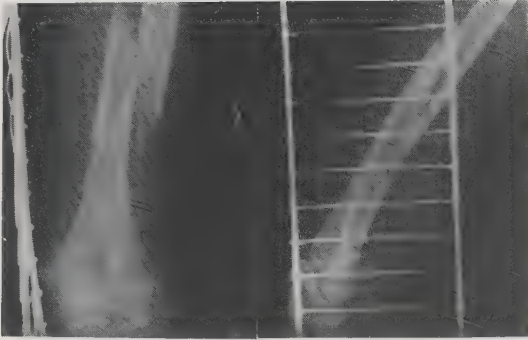
Knöchern ausgeheilte Fraktur.

Regelrechter Gelenkstand,

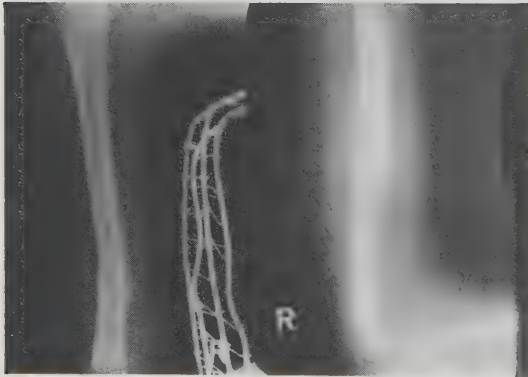
nahezu achsengerechter Fragmentstand in beiden Ebenen.

Klinisch wurde eine Verkürzung um 2 cm festgestellt.

Stelle (Blount). Die älteren Kinder sind erfahrungsgemäß häufiger betroffen als die jüngeren (Rettig). Im M-L-K kamen 4 Patienten im Alter von 9 - 13 Jahren zur Behandlung. Als Ursache wurde jeweils ein Fall auf den Oberarm angegeben. Eine Grünholzfraktur kam ohne Fixierung nur mit aktiven Bewegungsübungen einwandfrei zur Ausheilung. Von den beiden Spiralbrüchen (Abb.) konnte einer in Drahtextension gut reponiert und gehalten werden. Nach 4 Jahren war lediglich die Beugung im Ellenbogengelenk um 5° eingeschränkt. Der andere Spiralbruch, der sich mit einer Heftpflasterextension nicht einrichten ließ, wurde mit 3 Drahtschlingen fixiert und heilte in guter Stellung. Der einzige Querbruch wurde auf einer Abduktionsschiene gelagert, nach 14 Tagen wegen einer Winkelbildung noch einmal reponiert und nach 4 Wochen in guter Stellung entlassen. 2 Wochen später erlitt der Patient durch ein erneutes Trauma eine Refraktur (auf deren Besonderheiten später eingegangen wird). Der Heilverlauf auf einer Abduktionsschiene war jetzt glatt, die Bewegungen im Schulter- und Ellenbogengelenk entsprachen bei der Entlassung nach $3 \frac{1}{2}$ Wochen der Norm.



Ursula H., 11 J., 7.4.60:
Spiralbruch des re. Humerus-
schaftes an der Grenze zwischen
mittlerem und distalem Drittel.
Schaftbreite Verschiebung nach
ulnar, stärkere Verkürzung.



Ursula H., 3.5.60:
Nach Drahtextension gute Stellung
mit nur geringem nach radial und
dorsal offenem Winkel. Sehr deut-
liche Callusbildung.



Ursula H., 1.8.66:
Völlige knöcherne Ausheilung der
Fraktur. Auf der seitlichen Auf-
nahme achsengerechter Fragment-
stand, auf dem a-p-Bild leichte
ulnarkonvexe Biegung.

Die Knochenkerne und Wachstumsfugen im Ellenbogenbereich sollen anhand einer Abbildung von Matzner veranschaulicht werden.

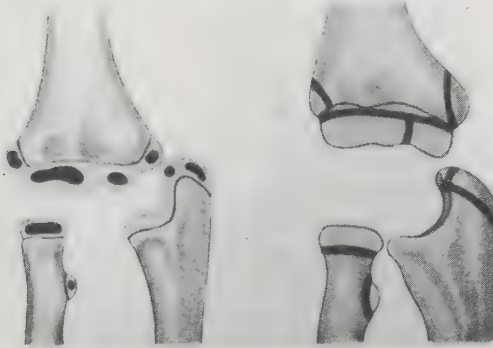


Abb.

Die Knochenkerne und Wachstumsfugen im Ellenbogenbereich. Wachstumswert der Knorpelfugen bezogen auf das Gesamtwachstum der Knochen:

1. distaler Humerus 19-20 %,
2. proximaler Radius 25 %,
3. proximale Ulna 19-20 %.(Aus:

Matzner, R.: Chirurgische Erkrankungen im Bereich des Bewegungsapparates. Lehrbuch der Chirurgie und Orthopädie des Kindesalters. Band II, Seite 717 - 844. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer 1959).

Die Ulna beteiligt sich nicht durch Epiphysen, sondern durch die Diaphyse selbst an der Bildung des Scharniergelenks. Die Olecranonkerne haben nur Apophysencharakter. Auch der Epicondylus medialis ist eine Apophyse und beteiligt sich nicht am Längenwachstum.

Nach einer Statistik von Lichtenberg, zitiert bei Matzner, entfallen 78 % aller kindlichen Humerusfrakturen auf das distale Drittel. Der Anteil der hier vorliegenden Frakturen des distalen Humerus an der Gesamtheit der Humerusfrakturen betrug 68,3 %, womit wir die Beobachtung von Lichtenberg bestätigen können, daß die Frakturen im distalen Bereich weitaus die häufigsten sind. Als wichtigste Frakturenarten unterscheidet man:

1. supracondyläre Querfrakturen
2. diacondyläre Frakturen
3. Frakturen des Condylus lateralis
4. Frakturen des Epicondylus medialis
5. Abrisse des Capitulum humeri

Sehr selten sind die Frakturen des Epicondylus lateralis und des Condylus medialis. Y-, T- und V-Brüche werden kaum beobachtet. Blount gibt die Häufigkeit der einzelnen Frakturen, bezogen auf die Frakturen im gesamten Ellenbogenbereich, wie folgt an:

supracondyläre Fraktur	60 %
Fraktur des Condylus lateralis	18,5 %
Fraktur des Epicondylus medialis	8,0 %
Fraktur des Radiushalses	4,5 %
übrige zusammen	9,0 %

Dabei ist zu berücksichtigen, daß er supracondyläre und diacondyläre Frakturen zusammenfaßt. Wir beobachteten

16 supracondyläre Frakturen,
5 diacondyläre Frakturen,
3 Frakturen des Condylus lateralis,
4 Frakturen des Epicondylus medialis,
(6 Frakturen des Radiushalses).

Der röhrenförmige Humerus flacht sich im distalen Drittel ab und teilt sich in zwei Strebebefeiler. Zwischen den Pfeilern liegt volar die Fossa cubiti und dorsal die Fossa olecrani. Die Trennwand der beiden Gruben ist oft papierdünn, so daß hier eine Prädilektionsstelle für Frakturen vorhanden ist. Die supracondyläre Fraktur liegt extraarticulär, während die diacondyläre Fraktur intraarticulär liegt (Matzner, Rettig). Diese beiden Frakturtypen entstehen meistens indirekt durch Fall auf die Hand bei leicht gebeugtem Ellenbogen. Die typische Dislokation des distalen Fragments erfolgt nach dorsal und proximal, also in der gleichen Weise, als ob der Arm im Ellenbogen überstreckt worden wäre. Obwohl eine wirkliche Überstreckung nur selten die Ursache der Fraktur ist, wird wegen der typischen Dislokation die alte Einteilung von Kocher in Überstreckungs- und Beugungsbrüche beibehalten. Die Flexionsfrakturen entstehen gewöhnlich durch Sturz auf die Olecranonspitze, wodurch das distale Fragment nach volar verschoben wird. Sie machen nach Matzner und Blount nur 1 % der Fälle aus. Bei Büttner und Vorwerk stehen 127 Überstreckungsbrüchen 21 Beugungsbrüche gegenüber. Wir fanden unter 22 Fällen 2 Beugungsfrakturen.

Grundsätzlich besteht in der Behandlung der supracondylären und diacondylären Überstreckungsbrüche kein Unterschied. Das distale Bruchstück der diacondylären Fraktur bietet wegen seiner extremen Kürze jedoch einem Gipsverband häufig keine genügende Angriffsfläche, so daß man eher zur Extension oder operativen Behandlung greifen muß. Solange die Fraktur nicht oder nur wenig verschoben ist oder sich gut reponieren und verzahnen läßt, erfolgt die Behandlung im Gipsverband. Die Ruhigstellung erfolgt bei rechtwinklig gebeugtem Arm, um eine Achsenknickung nach dorsal auszugleichen oder zu verhindern. Eine stärkere Beugung ist wegen drohender Gefäßabklemmung nicht angezeigt. (Matzner). Die Beugungsbrüche müssen in genügender Streckstellung fixiert werden, um ein Wiederauftreten der Abwinkelung nach volar zu verhindern. Die Beseitigung einer Torsion des distalen Fragmentes erfolgt durch entsprechende Drehung des Unterarms, eine Adduktionsstellung wird durch Pronation ausgeglichen (Büttner und Vorwerk).

Als Gipsverband verwendet Matzner eine dorsale und volare Gipsschale, die von der Schulter bis zu den Fingergrundgelenken reichen. Die Schalen dürfen keinen Kontakt miteinander haben, da sie sonst als zirkulärer Gipsverband wirken und dem Arm die Möglichkeit nehmen, in den Verband hineinzuschwellen. Böhler empfiehlt einen zirkulären Gipsverband, der sofort nach Anlegen in ganzer Länge gespalten werden soll, es darf keine Mullbrücke bestehen bleiben. Gipsschalen und aufgeschnittener Verband haben gegenüber einem nicht aufgeschnittenen Verband nur geringfügige Nachteile bezüglich der Fixierung, dagegen besteht bei einem zirkulären Verband die große Gefahr einer Durchblutungsstörung. Eine strenge klinische Überwachung mit besonderer Beachtung der Frühsymptome - Schmerz, Blässe und Lähmung der Finger - ist notwendig. Für eine ambulante Behandlung ist der zirkuläre Gipsverband nicht geeignet (Magnus).

Ein zu enger Verband ist in hohem Maße verantwortlich für die gefürchtete Volkmann'sche ischämische Muskelkontraktur, stellt aber nur selten allein die Ursache dar. Matzner stellte fest, daß etwa 1/3 aller ischämischen Kontrakturen nicht mit einem Gipsverband behandelt worden waren. Er macht für die Ischämie weiter verantwortlich eine temporäre Überdehnung der A. brachialis und ihre Kompression durch ein großes Frakturhaematom oder Oedem. Block, Böhler u. a.

weisen ebenfalls auf die Bedeutung eines großen Haematoms hin und auf eine starke Dislokation der Fragmente. Auch ein Spasmus der durch Quetschung geschädigten Arterie und eine Intimaschädigung des Gefäßes mit nachfolgender Thrombose kommen in Frage. Die Ausbildung eines Kollateralkreislaufs unterbleibt, da es zu einer reflektorischen Dysregulation kommt aufgrund einer Nervenüberdehnung und Zerreißung der Muskulatur (Matzner). Die gestörte Durchblutung führt nun ihrerseits zu einer weiteren Schädigung der Nerven (Seddon).

Nach Seddon können die Symptome einer Durchblutungsstörung bis zu 3 Tagen nach dem Frakturereignis eintreten. Dann ist die Gefahr vorüber. Ist aber eine Durchblutungsstörung eingetreten, so entstehen innerhalb von 3 - 4 Stunden irreversible Veränderungen (Blount). Die Muskulatur, vorwiegend der Beugeseite, wird nekrotisch und wandelt sich später narbig um. Auch die Nerven und Gefäße der betroffenen Muskelgruppen werden schließlich bindegewebig umgewandelt.

Böhler empfiehlt, den Bruch möglichst schnell einzurichten, um Gefäße und Nerven weitgehend zu entlasten. Als Zeichen der beginnenden Ischämie treten Schmerz, Schwellung, Kälte, Zyanose oder Blässe und Bewegungseinschränkung der Finger auf. Bei drohender Zirkulationsstörung muß die Beugung sofort vermindert werden. Tritt nicht sofort Besserung ein, müssen alle Verbände von Ellenbogen und Unterarm entfernt und Eisbeutel aufgelegt werden (Blount). Perineurale und periarterielle Injektion von Xylocain beheben häufig schnell den bedrohlichen Zustand (Matzner). Bessern sich die Symptome mit konservativen Maßnahmen nicht, dann sollte umgehend die derbe Fascie der Beugemuskeln des Unterarmes gespalten werden, um den Druck der oedematösen Muskeln und des Haematoms auf die Gefäße zu verringern. Eine verletzte oder deutlich eingeschnürte Brachialarterie sollte reseziert werden. Dadurch löst sich der Gefäßspasmus der kollateralen Arteriolen (Blount). Fontaine, Muller und Djordevic berichten, daß sie bei Operationen des Volkmann-Syndroms in einem Falle eine Gefäßruptur gefunden haben und in drei Fällen einen Gefäßspasmus, der jeweils nach periarterieller Sympathektomie zurückgegangen sei.

Die ischaemische Kontraktur wird vorwiegend bei Kindern beobachtet, weil ihr Ge-

webe anfälliger gegen Ernährungsstörungen ist als das Erwachsener. Böhler hebt überdies hervor, daß die supracondyläre Humerusfraktur, bei der die Gefahr einer Ischaemie ja besonders groß ist, fast nur bei Kindern vorkommt.

Erheblich verschobene Frakturen werden günstig mit einer Drahtextension behandelt. Der Draht darf nicht zu nah an die Peripherie der Ulna gelegt werden, da er die Spongiosa des kindlichen Knochens leicht durchschneidet (R. Klapp u. Rückert). Die Drahtextension bietet eine ausgezeichnete Repositionsmöglichkeit und läßt eine gute Röntgenkontrolle zu. Die Extension erfolgt als Vertikalzug am senkrecht erhobenen Oberarm bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen (Matzner, Kamprath u. a.). Zur besseren Einrichtung der Fraktur erfolgt weiterhin ein Längszug am Unterarm und ein Zug nach dorsal am proximalen Oberarmfragment. Eine Drahtextension kann bis zur Ausheilung liegen bleiben, während ein Gipsverband nach Abschwellung des Haematoms oftmals geändert werden muß.

Böhler fixiert eine Fraktur, die sich manuell einrichten läßt, mit 2 percutan eingeführten Bohrdrähten, um eine neuerliche Verschiebung zu verhindern. Die Ruhigstellung erfolgt dann in einem gespaltenen Gipsverband.

Gelingt die Einrichtung vor allem einer seitlichen Achsenabknickung nach mehrmaligen Versuchen nicht, so wird eine blutige Reposition notwendig, da eine Knickung nach medial oder lateral durch späteres Wachstum nicht ausgeglichen werden kann. Nach Untersuchungen von Büttner und Vorwerk sind Varus- und Hypervalgusstellungen nach Frakturen fast ausschließlich auf primäre Stellungsfehler zurückzuführen und nicht auf sekundäre Wachstumsvorgänge. Der Bruch löst zwar Wachstumsvorgänge aus, doch wirken sich diese gleichmäßig auf das ganze Oberarmende aus und rufen keine Formveränderung hervor. Zur Fixation einer reponierten Fraktur können Kirschner-Drähte, Nägel oder Schrauben verwendet werden.

Die 16 supracondylären und 5 diacondylären Frakturen wurden im Martin Luther-Krankenhaus konservativ behandelt. In 9 Fällen, bei denen keine oder nur eine geringe Dislokation vorlag, genügte zur Ruhigstellung eine dorsale Gipsschiene. Der Heilverlauf war jedesmal komplikationslos. In 4 Fällen mit erheblicher

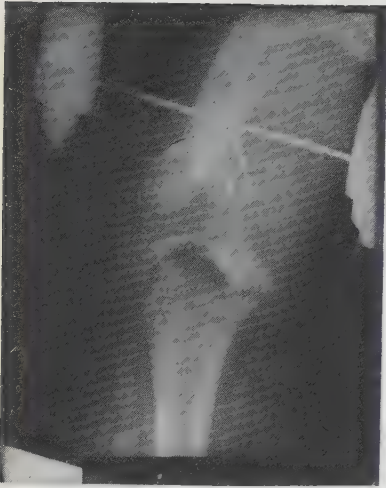
Verschiebung der Fragmente wurde eine Drahtextension bei senkrecht erhobenem Oberarm und rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen angelegt. Die Stellungenkorrektur verlief zufriedenstellend, ernsthafte Komplikationen traten nicht auf.

Abb. Rita K.: Die 10-jährige Patientin stolperte auf der Straße und fiel auf den ausgestreckten linken Arm. Sie zog sich einen diacondylären Humerusbruch zu mit einer Dislokation um $3/4$ Schaftbreite nach dorsal, Kompaktabreite nach radial und mit einem geringen, nach dorsal offenen Winkel. 2 Tage nach Anlegen einer Drahtextension waren sowohl die Abwinkelung als auch die radiale Dislokation ausgeglichen, nur nach dorsal bestand noch eine Verschiebung um $1/2$ Schaftbreite. In dieser Stellung wurde die Fraktur gehalten, es kam zu guter Callusbildung, und nach 23 Tagen wurde die Extension abgenommen und der Arm auf einer Schiene gelagert. Die Nachuntersuchung 10 Jahre später ergab eine Beugungseinschränkung um 10° , die Streckung war unbehindert. Es bestand ein geringgradiger Cubitus varus. Subjektiv bestanden keine Beschwerden.

Bei den verbleibenden 8 Fällen wurde ein zirkulärer Oberarmgipsverband angelegt. 6 der 8 Fälle heilten störungslos. In einem weiteren Falle konnte durch sofortiges Eingreifen größerer Schaden vermieden werden.

Klaus L., 6 J.: Der Junge stürzte im Hausflur auf seinen rechten Ellenbogen und erlitt eine diacondyläre Humerusfraktur mit Verschiebung des distalen Fragments um halbe Schaftbreite nach volar. Die Reposition war erfolgreich und bei sehr guter Stellung wurde ein zirkulärer Oberarmgips angelegt. Einen Tag später waren die Finger bläulich geschwollen. Der Gips wurde sofort aufgeschnitten, und es trat wieder gute Durchblutung ein. Jedoch gelang die Opposition des Daumens nicht. Die knöcherne Heilung erfolgte in guter Stellung. Eine neurologische Nachuntersuchung nach einem halben Jahr ergab eine deutliche Besserung der Parese bis fast zur Symptomlosigkeit.

In dem anderen zu beschreibenden Falle wurden die rechtsseitige diacondyläre Humerusfraktur mit Ellenbogenluxation und die gleichzeitig bestehende Osteoepiphysenlösung am distalen Unterarm überlagert von einer sich innerhalb von



Rita K., 10 J., 17. 5. 54.

Die in Drahtextension hängende Fraktur läßt sich röntgenologisch einwandfrei beurteilen.

Eine Verschiebung nach radial oder ulnar besteht nicht. Deutliche Callusbildung ist erkennbar.

2 Tagen entwickelnden Infektion mit Gasbranderregern im Handgelenkbereich. Der 15-jährige Patient war mit dem Fahrrad auf die Straße gestürzt und hatte sich neben den Frakturen auch tiefe Schürfwunden am Handballen zugezogen. Der bereits angelegte Gips wurde nach 2 Tagen wieder entfernt und durch eine Drahtextension durch das Olecranon ersetzt. Die Infektion (*Clostridium perfringens* bakteriologisch nachgewiesen) ließ sich mit Penicillin und Aureomycin nicht beherrschen, und nach Auftreten septischer Temperaturen entschloß man sich zur Operation. Man stellte fest, daß die Beuge- und Streckmuskeln der Hand zum größten Teil nekrotisch und vereitert waren. Die Hand und $\frac{1}{3}$ von Radius und Ulna wurden amputiert. Der Allgemeinzustand besserte sich rasch, und nach zweimaliger Stumpfkorrektur heilte der Amputationsstumpf ab. In weiterbestehender Drahtextension konsolidierte der Humerusbruch mit einer Verschiebung nach dorsal um halbe Schaftbreite.

In unserem Krankengut befanden sich 3 Frakturen des Condylus lateralis. In 2 Fällen gelang die Reposition der nur geringgradig dislozierten Fragmente, und die Stellung konnte auf einer dorsalen Gipsschiene bei einer Abwinkelung des Ellenbogens von etwa 90° und mittlerer Pronation gehalten werden. Der 3. Fall verlief komplizierter:

Abb. Andreas P., 8 J.: Der Junge stürzte beim Spielen und erlitt eine Fraktur des lateralen Condylus links. Das abgebrochene Fragment umfaßte Epicondylus lateralis, Capitulum humeri und einen Teil der Trochlea. Es war sehr stark nach radial und volar verschoben. Das Fragment wurde blutig reponiert und mit Periostnähten fixiert, die intraoperative Kontrollaufnahme zeigte eine befriedigende Stellung. Der Arm wurde geschient und an einem Galgen aufgehängt. Nach 14 Tagen ergab das Röntgenbild eine erneute Dislokation des Condylus lateralis, er war jetzt nach radial und cranial gedreht. 20 Tage nach der Operation wurde mit Massagen und aktiven Bewegungsübungen begonnen, und 3 Tage später wurde der Junge in ambulante Behandlung entlassen. Bei der Entlassung waren aktive Beugung und Streckung noch stark eingeschränkt, die Ellenbogenbewegung war nur von 80° bis 100° möglich. Pro- und Supination entsprachen $\frac{3}{4}$ der Norm.



Andreas P., 8 J., 16.8.56
Absprengung des linken
Condylus lateralis mit Ver-
lagerung nach radial und
volar.

Andreas P., 21.8.56:
Intraoperative Kontrollauf-
nahme nach Reposition. Das
Fragment steht fast regulär,
es ist etwas nach radial ver-
lagert.

Andreas P., 4.9.56:
Dislokation des Condylus
lateralis mit Drehung nach
radial und cranial.

Nach Blount und Matzner verläuft die Frakturlinie im typischen Falle vom lateralen Epicondylus schräg nach unten und medial bis in die Trochlea. Solange die Verschiebung nur gering ist, gelingt die Fixierung meistens leicht. Eine Pronation des Unterarms gegebenenfalls bis über die Mittelstellung hinaus hat sich als günstig erwiesen (Matzner), da die am Epicondylus lateralis ansetzenden Muskeln, vor allem die Mm. extensor carpi radialis longus und brevis, entspannt werden und das Bruchstück damit eher in seiner Stellung verbleibt.

Gelegentlich verursacht der Zug der Streckmuskulatur jedoch - wie in dem eben berichteten Falle - eine enorme Verschiebung und Verdrehung des Fragments. Eine spontane Heilung mit Wachstumsausgleich ist dann nicht zu erwarten. (Blount) Repositionsmanipulationen haben kaum Aussicht auf Erfolg, so daß zahlreiche Autoren einen operativen Eingriff empfehlen. Böhler, Blount, Röhl, Lagrange und Rigault fixieren den Condylus lateralis durch 2 schräg eingeschlagene kurze Drahtstifte. Eine Periostnaht reicht nach Blount nicht aus, um das Fragment zu halten, wogegen Matzner von guten Ergebnissen auch mit Catgut- oder Perlon-Periostnähten berichtet. In unserem Falle, bei dem die Fixierung nur mit Periostnähten geschah, trat eine erneute Fehlstellung auf, so daß eine Drahtextension doch sicherer zu sein scheint.

Eine ungenügende Reposition führt mit einiger Wahrscheinlichkeit zu einer Pseudarthrose. Der Radius findet dann im Ellenbogengelenk keinen festen Widerhalt mehr und es entwickelt sich ein Cubitus hypervalgus. Der N. ulnaris, der an der medialen Seite zwischen Epicondylus medialis und Olecranon verläuft, kann dabei überdehnt und geschädigt werden (Blount). Leider ließ sich der Fall Andreas P. nicht weiter verfolgen.

Der Abriß des Epicondylus medialis erfolgt in der Regel durch Zugwirkung des Ligamentum collaterale ulnare bei Abduktion und Hyperextension. Häufig ist diese Fraktur mit einer Luxation des Ellenbogengelenks verbunden (Matzner, Blount). Durch den Zug der Beugemuskeln kann das vollständig gelöste Fragment bis zu 180 ° torquiert werden, bei unvollständig gerissener Aponeurose und Kapsel kann noch eine gute Stellung vorhanden sein. In diesem Falle genügt als Therapie Ruhigstellung bei rechtwinkliger Beugung und mittlerer Pronation. Das Fragment

findet bei mäßiger Dislokation auf konservativem Wege meist wieder Anschluß an sein altes Bett (Witt). Bei starker Dehizens ist ein manueller Repositionsversuch fast zwecklos. In dieser Stellung entwickelt sich in der Regel eine Pseudarthrose (Blount). Eine Funktionsstörung ist dadurch kaum zu erwarten, da es sich lediglich um eine Apophyse handelt, wohl aber eine leichte Deformierung (Blount). Gewöhnlich entschließt man sich daher, einen stark dislozierten Epicondylus medialis, vor allem bei erfolgter oder drohender Einlagerung in das Gelenk, operativ einzurichten und dauerhaft zu fixieren (Rettig, Matzner, Blount).

Von den 4 im Martin Luther-Krankenhaus zur Behandlung gekommenen Abrißfrakturen des Epicondylus ulnaris waren 2 mit einer Luxation des Ellenbogengelenks kombiniert. Eine dieser Luxationsfrakturen und eine einfache Epicondylenablösung konnten konservativ behandelt werden, bei der Entlassung war die Ellenbogenbeweglichkeit bereits weitgehend frei. Die beiden anderen Frakturen wurden wegen stärkerer Dislokation blutig gestellt und mit Kirschnerdrähten fixiert. Das Endergebnis war in einem Falle nicht ganz zufriedenstellend, bei der Nachuntersuchung 4 Jahre später zeigte sich gegenüber dem anderen Ellenbogen eine Beugungs- und Streckungseinschränkung von je 10 °. Der Condylus ulnaris war noch deutlich verdickt.

Unterarm

Frakturen des Olecranon und des Radiusköpfchens spielen für die Funktion des Ellenbogengelenks ebenfalls eine wichtige Rolle. Ihre sorgfältige Behandlung ist daher sehr erwünscht. Olecranonfrakturen entstehen gewöhnlich durch direkte Gewalteinwirkung, die Dislokation wird vorwiegend durch den Zug der Trizepssehne bestimmt. Bei vollständiger Streckung des Armes gelingt in vielen Fällen die manuelle Reposition, die Ruhigstellung erfolgt dann im Gipsverband (Matzenner, Blount). Frakturen des Olecranon sind recht selten. Bukhni sah bei 1641 Kindern mit Unterarmfrakturen 28 Kinder mit 31 Frakturen des Olecranon. An unseren 70 Unterarmfrakturen waren die Olecranonfrakturen mit 3 Fällen beteiligt. 2 dieser Fälle ließen sich konservativ gut einrichten und auf einer dorsalen Gipsschiene fixieren, das eine Mal bei gestrecktem Ellenbogen, das andere Mal bei fast rechtwinkliger Stellung. Bei der Entlassung war die Fragmentstellung ausgezeichnet, und die Funktion war bereits größtenteils wiederhergestellt. Im 3. Falle handelte es sich um eine Abrißfraktur am Ansatz der Trizepssehne. Das spornförmige stark dislozierte Fragment ließ sich konservativ nicht einrichten, so daß bei der erforderlichen Operation das Bruchstück durch eine zirkuläre Fasziennaht fixiert wurde. Gute Adaption des Fragments und komplikationsfreier postoperativer Verlauf sicherten eine günstige Heilung.

Frakturen des Radiusköpfchens ohne Beteiligung der Ulna beobachteten wir bei 4 Kindern. Zweimal entstand die Fraktur durch direkte Gewalteinwirkung am Ellenbogen und zweimal durch Fall auf die ausgestreckte Hand. Die konservative Behandlung mit Reposition bei gestrecktem Ellenbogen und Lagerung auf dorsaler Oberarmgipsschiene gelang in der Hälfte der Fälle. Die beiden anderen Frakturen konnten auf unblutigem Wege nicht in eine befriedigende Stellung gebracht werden. In einem Falle, der mit einer Ellenbogenluxation nach dorsal kombiniert war, wurde ein Knochenspan aus dem Beckendamm entnommen und so im Frakturspalt verkeilt, daß eine einwandfreie Stellung erreicht werden konnte. Das andere Mal war eine einfache blutige Reposition erfolgreich. Die Funktion bei der Entlassung war in fast allen Fällen nahezu uneingeschränkt, lediglich bei der Luxationsfraktur waren Beugung und Streckung nur von 60 ° bis 155 ° möglich.

Das Radiusköpfchen darf bei Kindern auf keinen Fall entfernt werden, obwohl es zu kurzfristiger Bewegungsbesserung im Ellenbogengelenk kommt (Matzner, Krösl, Rettig, Blount). Störungen des Muskelgleichgewichts, Wachstumsstörungen und Hinaufrücken des Radius mit Hypervalgusstellung wären nach seiner Entfernung die Folgen.

Eine typische Verletzung im Kindesalter ist die Monteggia-Fraktur. Es handelt sich um einen Bruch der Ulna, vornehmlich im proximalen Drittel, verbunden mit einer Luxation des Radiusköpfchens. Neuerdings wird auch eine Fraktur des Radiusköpfchens anstelle einer Luxation zum Typ der Monteggia-Fraktur gerechnet (Matzner). Als Ursache spielt die direkte Gewalteinwirkung die größte Rolle, aber auch ein Fall auf die ausgestreckte und pronierte Hand ist möglich. Es lassen sich bei dieser Fraktur wieder ein Extensionstyp und ein Flexionstyp unterscheiden, wobei der Extensionstyp mit Verlagerung des distalen Ulnafragments und des Radiusköpfchens nach volar mit 85 % - 90 % (Matzner) weitaus am häufigsten ist. Nach Hedströms Angaben kommt auf 5 Extensionsfrakturen 1 Flexionsfraktur. In unserem Krankengut befanden sich 4 Monteggiafrakturen, sämtliche mit einer Dislokation entsprechend dem Extensionstyp. Zweimal bestand eine Luxation, einmal eine Fraktur und einmal eine Luxationsfraktur des Radiusköpfchens. Als Ursache ließ sich 3 mal direkt angreifende Gewalt und einmal ein Sturz auf die Hand verantwortlich machen. Mit Reposition, Oberarmgips und Hochlagerung durch Galgenaufhängung wurde in 2 Fällen ein gutes Ergebnis erreicht. Im 3. Falle war die Ulna nach der manuellen Reposition noch um halbe Schaftbreite nach ulnar verschoben, deshalb wurde eine blutige Reposition und Fixation der Ulna mit einer Drahtschlinge vorgenommen. Mit guter Stellung und etwas luxuriösem Callus wurde der Patient entlassen. Die 4. Monteggia-Fraktur war Folge eines Verkehrsunfalls:

Susanne J., 7 J.: Die kleine Patientin erlitt neben einer Tibiafraktur, die komplikationslos heilte und später noch berücksichtigt wird, eine Querfraktur im proximalen Drittel der rechten Ulna mit über schaftbreiter Dislokation nach volar, eine Querfraktur im Bereich des Radiusköpfchens und eine komplette Unterarmfraktur des gleichen Armes im distalen Drittel mit Verschiebung um halbe Schaftbreite nach radial.

Vom Olecranon aus wurde ein Kirschner-Draht über die beiden Bruchstellen der Ulna hinweggeschoben, der distale Radiusbruch wurde operativ gestellt. Zur Ruhigstellung diente ein gepolsterter Gipsverband. Nach 14 Tagen zeigte sich eine zunehmende Unbeweglichkeit der rechten Finger, die als Folge einer Durchblutungsstörung gedeutet wurde. Der Gips wurde gewechselt und 2 Wochen später durch eine abnehmbare Schiene ersetzt, um besser Massagen ausführen zu können. Während die Fingerbeweglichkeit noch immer stark eingeschränkt war, machte die knöcherne Heilung gute Fortschritte. Nach der Entlassung wurde die heilgymnastische Nachbehandlung fortgeführt. Die Entfernung des Kirschnerdrahtes erfolgte 6 Monate später. Die Frakturen waren in einwandfreier Stellung konsolidiert. Die Patientin konnte die Finger jetzt wieder fast vollständig strecken; die Beugung im Ellenbogen war frei, die Streckung um 30 ° eingeschränkt. Pro- und Supination entsprachen 2/3 der Norm. Bei der Nachuntersuchung 4 Jahre später zeigte sich eine uneingeschränkte Fingerbeweglichkeit und eine ungehinderte Streckung im Ellenbogen. Pro- und Supination waren nur geringfügig behindert. Der verletzte Unterarm war um 1 1/2 cm kürzer als der gesunde, was auf eine Schädigung der Wachstumszellen schließen läßt. Die Schädigung kann sowohl durch das primäre Trauma des Verkehrsunfalles als auch durch den Kirschner-Draht verursacht worden sein. Für eine Mitbeteiligung des Drahtes spricht eine geringe Längendifferenz zwischen Radius und Ulna zugunsten des Radius. Die Patientin selbst empfand keine Beeinträchtigung ihrer Armfunktion.

Ein Drittel aller Knochenbrüche bei Kindern und Jugendlichen entfällt auf den Radius und die Ulna (Joost). Unter unseren 206 Frakturen fanden sich 70 an diesen beiden Knochen (einschließlich der Olecranon- und Radiusköpfchenfrakturen). Die Beteiligung allein der Schaftfrakturen an der Gesamtzahl der kindlichen Frakturen beträgt nach Matzner 10 % - 14 %. Wir sahen 26 Frakturen im Schaftbereich, was einem Anteil von 12,5 % entspricht. Blount gibt an, daß allein 75 % aller Unterarmfrakturen im distalen Drittel lokalisiert seien; diese Angabe erscheint nach unseren Beobachtungen zu hoch, denn wir sahen im distalen Bereich 33 Frakturen

gleich 47 %. Als Ursache der Unterarmfrakturen kommt häufig eine indirekte Krafteinwirkung durch Fall auf die ausgestreckte Hand in Frage. Bei Frakturen im Schaftbereich spielt auch eine direkte Gewalteinwirkung auf den in Abwehrstellung gehaltenen Arm eine Rolle. In den meisten Fällen brechen Radius und Ulna gemeinsam, wenn auch nicht immer in gleicher Höhe und in gleicher Form. Es kamen bei uns nur 2 auf die Ulna beschränkte Schaftfrakturen, 1 Radius-schaftfraktur und 6 Frakturen des distalen Radius zur Behandlung. Fontaine, Muller, Suhler und Gangloff beobachteten bei 122 Schaftfrakturen 6 nur die Elle und 7 nur die Speiche betreffende Frakturen.

Während der Reposition einer isolierten Fraktur kann der gesunde Knochen als Hebelarm benutzt werden und so die Einrichtung erleichtern. Er schient anschließend gewissermaßen den gebrochenen Knochen. Beachtet werden muß jedoch auch eine Sperrwirkung, die ein gesunder Knochen ausübt und die zur Ursache einer Refraktur oder auch einer Pseudarthrose werden kann.

Die Reposition von Unterarmknochen gelingt konservativ nicht immer ideal, doch betont vor allem Blount, daß durch das kindliche Wachstum seitliche Verschiebungen bis zu Schaftbreite ausgeglichen werden können. Die Richtigkeit dieser Feststellung ließ sich an einigen Fällen beobachten:



Detlev G., geb. 27. 1. 48,
18. 7. 55: Komplette Fraktur
des linken Unterarms im
distalen Drittel. An den Frak-
turstellen ist bereits deutliche
Callusbildung zu erkennen.
Das distale Radiusfragment
ist noch in typischer Bajo-
nnettstellung um Schaftbrei-
te nach dorsal verschoben.



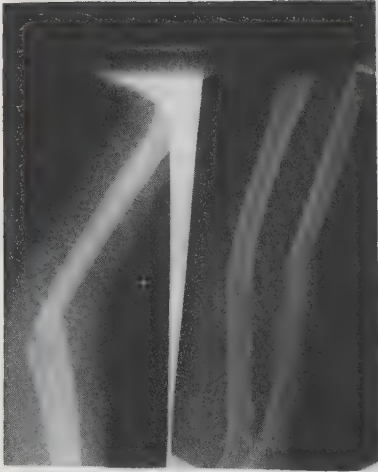
Detlev G., 2. 8. 66: Nach 11 Jah-
ren sind keine Residuen der
Fraktur mehr sichtbar. Ach-
sengerechter Fragmentstand
in beiden Ebenen.

Frakturen im mittleren Drittel werden nach der Reposition in neutraler Rotation fixiert, während Frakturen im distalen Drittel bei möglichst voller Pronation eingerichtet und gehalten werden (Blount), da der Pronator quadratus durch die Pronation entspannt wird und keine volare Abknickung hervorrufen kann. Zur Fixierung empfehlen Matzner eine dorsale und volare Gipsschiene und Blount einen zirkulären Oberarmgips bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen. Distal soll der Verband bis zu den Fingergrundgelenken reichen, eine Versteifung des Handgelenkes sei bei Kindern nicht zu befürchten. Auch Rettig hebt hervor, daß bei Frakturen im distalen Drittel ein Oberarmgips notwendig werden kann, da sich in ihm die Rotationsstellung besser halten läßt als in einem Unterarmverband.

Eine Frakturform, die charakteristisch für das Kindesalter ist und besonders häufig am Unterarm auftritt, ist die Grünholzfraktur mit unterbliebener oder nur unvollständiger Trennung des Periosts. Im Schaftbereich ist sie mit einer mehr oder weniger starken Achsenknickung verbunden, während sie am distalen Ende auch als Wulstfraktur infolge einer Stauchung mit Auftreibung im Frakturgebiet auftreten kann. Unter unseren 59 Frakturen des Schaftes und distalen Bereiches fanden sich 26 Grünholzfrakturen. In 11 Fällen war allerdings nur bei einem Knochen das Periost erhalten, während der andere vollständig frakturiert war.

Die Wiederherstellung einer normalen Achsenrichtung bereitet im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Blount schlägt jedoch für die Grünholzbrüche im Schaftbereich vor, sie mit einem schnellen kräftigen Ruck ganz durchzubrechen, zu reponieren und dann im Oberarmgipsverband zu fixieren. Er empfiehlt diese etwas drastische Maßnahme, da nach seiner Erfahrung bei einer lediglich gerade gebogenen Grünholzfraktur die Deformierung im Gips leicht wieder auftritt. Auch übt eine vollständige Fraktur einen stärkeren Reiz auf die Callusbildung aus als eine Grünholzfraktur. Deformierung und schwache Callusbildung können beide Ursache für eine Refraktur werden, so daß sich die Maßnahme von Blount als Vorbeugung gegen eine Refraktur auffassen läßt.

Im Martin Luther-Krankenhaus wurden 6 der 9 Grünholzbrüche im Schaftbereich



Hans-Peter W., 15 J., 15.8.55.
Komplette Unterarmfraktur re.
im mittleren Drittel. Grünholz-
fraktur. Nach dorsal offener
Winkel.



Hans-Peter W., 22.10.55.
Gute Fragmentstellung. Zu-
nehmende Callusbildung.



Hans-Peter W., 25.4.56.
Völlige Konsolidierung
der Frakturen.

lediglich reponiert und fixiert, eine nennenswerte erneute Abknickung oder eine Refraktur traten nicht auf. In den anderen 3 Fällen, bei denen jeweils eine subperiostale Fraktur der Ulna und eine vollständige Fraktur des Radius vorlag, gelang keine günstige Reposition. Die Radiusfrakturen wurden blutig eingestellt und verzahnt, in einem Falle wurde auch ein Kirschner-Draht in den Markkanal eingebohrt. Der postoperative Verlauf war in allen Fällen komplikationslos.

Grünholzbrüche im distalen Unterarmdrittel bedürfen dann keiner oder nur einer geringen Reposition, wenn die Achsenknickung nicht allzu groß ist. Der kindliche Knochen ist in der Lage, eine gewisse Knickfehlstellung auszugleichen. "Je jünger das Kind ist und je näher am Ende des Knochens der Bruch liegt, umso mehr Achsenknickung kann akzeptiert werden". (Blount) Die hier behandelten 17 Fälle konnten entweder in ihrer Stellung belassen oder aber günstig reponiert werden, energischere Maßnahmen waren nicht notwendig. 2 Patientinnen erlitten eine Refraktur nach 4 Wochen bzw. 4 Monaten, bei den anderen Kindern verlief die Heilung glatt.

Die Refraktur ist ein nicht seltenes Ereignis nach kindlichen Unterarmfrakturen. Nach unseren insgesamt 70 Unterarmbrüchen trat bei 9 Kindern eine Refraktur auf, in 2 Fällen sogar eine zweimalige Refraktur. Die Bruchlinie geht durch den Callus, der noch nicht die Festigkeit des umgebenden Knochengewebes erreicht hat. Es handelt sich jedoch nicht um eine Spontanfraktur. Ihr geht immer ein entsprechendes Trauma voraus, das durch die Angewohnheiten des Kindes häufig wieder vorkommen kann. Die Refraktur erfolgt meistens innerhalb der ersten 6 Monate nach der primären Fraktur, Joost sah einen Fall nach 7 1/2 Monaten. Als Ursache der Refraktur ist oft eine zu kurze Ruhigstellung der Erstfraktur zu finden (Kapel, Büttner). Es besteht die Versuchung, klinisch zu früh eine ausreichende Festigkeit anzunehmen, da der Unterarm keine statische Funktion auszuüben braucht. Durch sofortigen Armgebrauch nach der Gipsabnahme wird die weitere Ausbildung des Callus erheblich gestört und das Auftreten einer Refraktur gefördert.

Eine schlechte Achsenstellung der Fragmente bedeutet ebenfalls eine Disposition zur Refraktur. Bedingt durch die enge bindegewebige Verbindung zwischen Radius

und Ulna treten bei Umwendebewegungen der Hand starke Spannungen zwischen den beiden Knochen auf, die eine Konsolidierung des Callus verzögern.

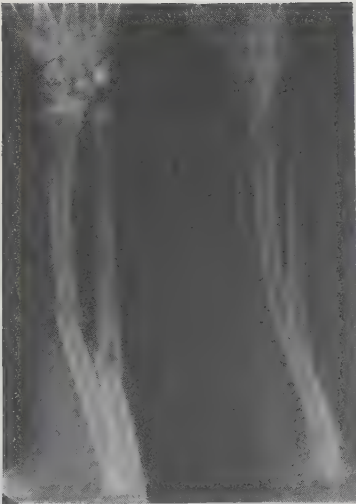
Begünstigend für eine Refraktur wirkt auch eine zu geringe Callusbildung, wie sie bei glatten Querbrüchen und bei Grünholzfrakturen auftritt. Bei diesen Frakturarten verfällt nur ein geringer Teil des dem Bruchspalt benachbarten Knochengewebes der Nekrose. Der Anreiz zur Callusbildung, der von der Randnekrose ausgeht (Axhausen und Bergmann), ist daher nur gering.

Die von uns beobachteten 11 Refrakturen (bei 9 Kindern) traten zwischen 1 und 7 Monaten nach der Primärfraktur auf. Die jeweiligen Ursachen überschneiden sich vielfach, so daß keine genauen Zahlenangaben gemacht werden können. Der Erstbruch war nur in 2 Fällen ein Grünholzbruch; Joost berichtet von 18 Refrakturen, denen in 64 % der Fälle ein Grünholzbruch vorausging. Einer der beiden Grünholzfrakturen wurde nur für 3 Wochen auf einer Schiene ruhiggestellt, und bereits nach 8 Tagen trat das Bruchrezidiv auf. In den anderen Fällen handelte es sich bei den primären Frakturen immer um glatte Querbrüche, Splitterungen oder ausgesprochene Schrägbrüche waren nicht darunter. Fast jeder Refraktur ging auch eine mehr oder weniger starke Achsenknickung voran.

Am Rande sei bemerkt, daß Joost in 75 % der Fälle eine Beteiligung des rechten Unterarmes an den Refrakturen beobachtete und daraus den vorsichtigen Schluß ableitete, als Gebrauchsarm sei der rechte Arm anfälliger. Wir sahen dagegen bei 9 Kindern 7 mal den linken Unterarm betroffen.

Die Heilungszeiten bei Refrakturen sind nach Büttner ebenso lang wie bei Erstfrakturen. Auch wir sahen keine auffallende Verkürzung oder Verlängerung der Konsolidierungszeiten. Gewöhnlich wird man jedoch aus Vorsichtsgründen die Ruhigstellung etwas länger als üblich belassen.

Operative Behandlungsmethoden sind bei Frakturen des Unterarmschaftbereiches und des distalen Endes erst dann angezeigt, wenn eine unblutige Reposition bis zu einer ausreichenden Stellung nicht gelingt. Von unseren 59 Fällen wurden 8 blutig reponiert und lediglich verzahnt, weiterhin wurden 2 Schrägfrakturen mit einer Drahtumschlingung versorgt. Die Stellung ließ sich in Gipsschalen oder im zirkul-



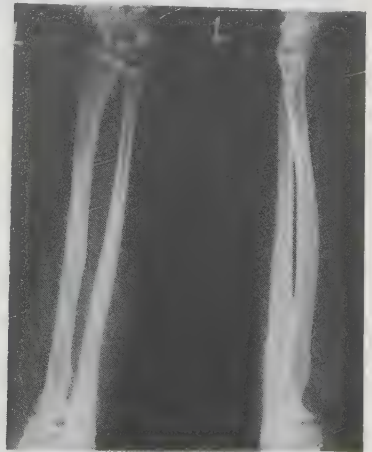
Heinz-Dieter K., 13 J., 30. 6. 53.
Schrägfraktur des li. Radius und
der li. Ulna im Schaftbereich.



Heinz-Dieter K., 11. 8. 53.
Deutliche Callusbildung. Gerin-
ger, nach dorsal offener Winkel.
Bruchspalten noch gut abgrenzbar.

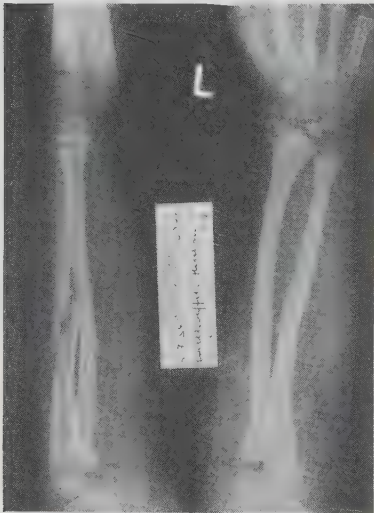


Heinz-Dieter K., 22. 10. 53.
Refraktur. Treppenförmige Frak-
turlinie am Radius, quere Infrak-
tion der Ulna.

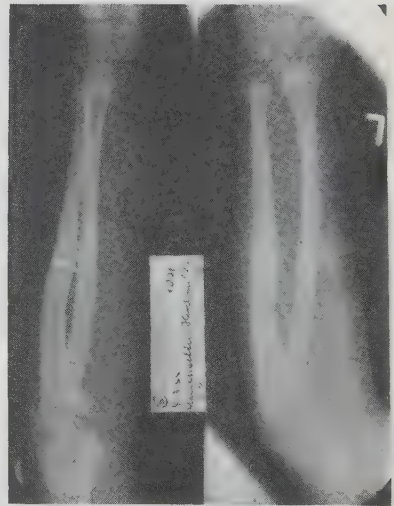


Heinz-Dieter K., 20. 8. 58.
Einwandfreie Heilung der Fraktur.

lären Oberarmgips gut halten, postoperative Komplikationen traten in keinem Falle auf.



Heidrun L., 6 J., 5. 7. 54.
Parierfraktur der li. Ulna
im mittleren Drittel. Dista-
les Fragment um halbe
Schaftbreite nach dorsal ver-
schoben. Geringe Verkürzung
und ganz flacher, ulnar offener
Winkel.

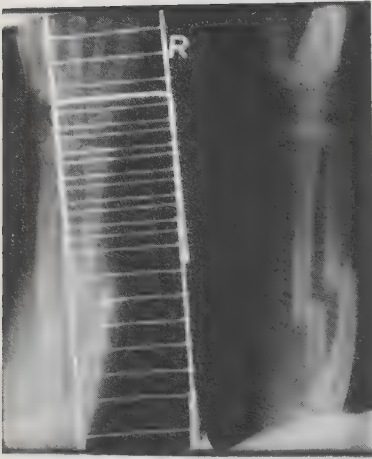


Heidrun L., 4. 3. 55.
Nach Drahtumschlingung gering-
gradige Verbiegung der Ulna.
Gute knöcherne Ausheilung.

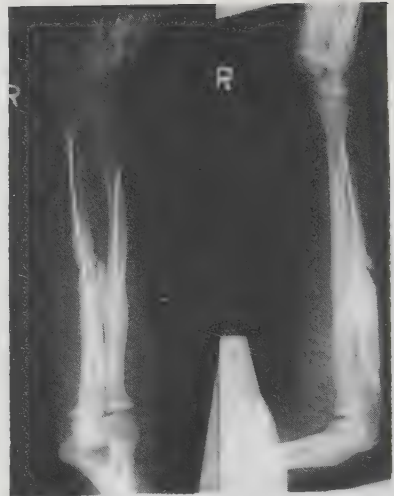
Läßt sich auf diesem Wege keine befriedigende Stellung erreichen, so empfiehlt es sich, durch den Markkanal eines Knochens oder beider Knochen einen Kirschner-Draht einzuführen, gegebenenfalls nach vorhergehender blutiger Reposition der Fraktur. Im Martin Luther-Krankenhaus wurden 7 solcher Marknagelungen durchgeführt. In 2 Fällen trat eine Muskelkontraktur auf, die bei 1 Kind durch heilgymnastische Behandlung sehr gut behoben werden konnte. (Dieser Fall war mit einer Monteggia-Fraktur kombiniert und wurde in dem entsprechenden Kapitel bereits beschrieben). Bei einem anderen Fall, einem 9-jährigen Jungen, trat eine zunehmende Beugestellung des 4. und 5. Fingers erst nach mehreren Monaten auf, so daß sich weniger eine Durchblutungsstörung als ein Narbenzug als Ursache annehmen läßt. Eine Sehnenplastik nach 9 Jahren war erfolgreich, denn bei der Nachuntersuchung 1 Jahr später zeigte sich die Fingerbeweglichkeit vollkommen frei. Lediglich die Dorsalflexion im Handgelenk war um 10 ° eingeschränkt.

Bei 2 weiteren Fällen kam es zur Ausbildung einer Pseudarthrose. Becker definiert sie als den Endzustand einer abwegigen Knochenbruchheilung. Der Regenerationsprozeß ist erschöpft, es besteht jedoch keine knöcherne, sondern nur eine bindegewebige Überbrückung des Bruchspaltes. Bei Marknagelungen ist die Ursache vorwiegend in einer Diastase der Bruchstücke zu suchen. Die Fragmente werden durch den Draht fest in ihrer Lage gehalten und können nach Abtransport der nekrotischen Knochenmassen an den Bruchenden nicht zusammenrücken (L. Böhler).

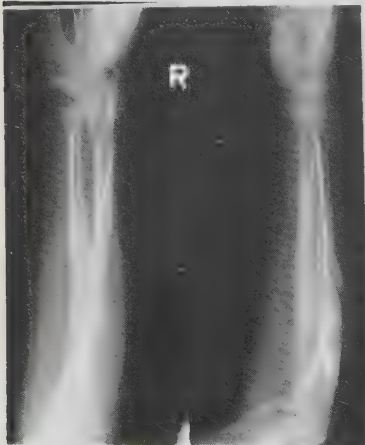
Abb. Klaus B., 15 J.: Der Patient fiel von einer Schaukel und zog sich eine komplette Fraktur des rechten Unterarmes im mittleren Drittel zu. Es bestand schaftbreite Dislokation der distalen Fragmente nach volar, der Ulna auch nach radial, und Verkürzung um etwa 2 cm. Mit konservativen Maßnahmen ließ sich die Fraktur nicht ausreichend reponieren und fixieren. Daher wurde in die Ulna 3 QF vom Olecranon entfernt und in den Radius 4 QF vom Handgelenk entfernt je ein Kirschner-Draht eingeführt und über die Bruchstelle hinweggeschoben. In befriedigender Stellung wurde die Fraktur zunächst auf einer Cramer-Schiene, nach der Wundheilung in einem Oberarmgips, ruhiggestellt. 4 Wochen nach der Ope-



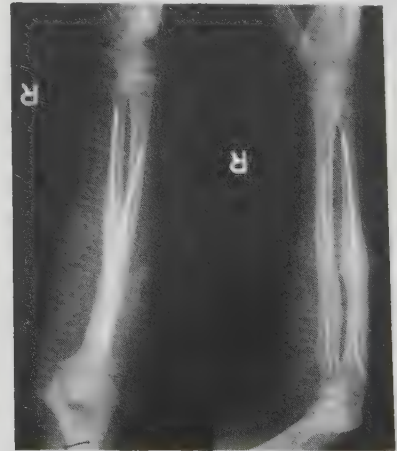
Klaus B., 15 J., 22.11.56.
Kompletter Unterarmschaftbruch re.
mit starker seitlicher Verschiebung
und Verkürzung.



Klaus B., 11.3.57.
Nach Markdrahtung Entwicklung
einer Pseudarthrose der Ulna.



Klaus B., 15.4.57. Der angelagerte
Phemister-Span wird gut eingebaut.



Klaus B., 14.9.57.
Knöcherne Konsolidierung der Ulna.
Im Bereich des Spanes leichte Auf-
lockerung.

ration wurde der Gips abgenommen, das Röntgenbild zeigte jetzt eine gute Callusbildung, die Frakturspalte waren aber noch deutlich zu erkennen. 14 Tage später wurde der Patient beschwerdefrei und mit voller Funktion entlassen.

Nach 2 1/2 Monaten wurde der Patient erneut aufgenommen, da sich an der Ulna eine Pseudarthrose entwickelt hatte. Zur Anregung der Callusbildung wurde eine Spananlagerung nach Phemister vorgenommen. Der 4 cm lange und 1/2 cm dicke Knochenknorpelspan aus der Beckenschaukel befand sich in günstiger Lage und wurde in den Pseudarthrosespalte eingebaut. Die Röntgenkontrolle 1/2 Jahr später zeigte eine knöcherne Konsolidierung der Ulna mit durchgehender Trabekelzeichnung. Im Bereich des Spans bestand eine geringe Auflockerung.

In dem anderen Pseudarthrose-Fall trat nach blutiger Reposition und Nagelung der frischen Fraktur eine eitrige Wundsekretion auf, die die Pseudarthrosebildung sicher begünstigt hat. Auch bei dieser Patientin, bei der beide Unterarmknochen betroffen waren, wurden Spananlagerungen mit gutem Erfolg durchgeführt.

Neben einer Diastase und einer Infektion kommen als weitere Ursachen für eine Pseudarthrose jene Faktoren in Frage, die auch zur Entstehung von Refrakturen führen können. Es sind dies eine unzureichende oder zu kurze Ruhigstellung, die das gegenseitige Abschleifen der Bruchenden ermöglicht, ferner eine mangelnde Callusbildung und eine Achsenabknickung beim doppelknochigen Unterarm. Die Pseudarthrosen sind im Kindesalter jedoch recht selten, wir beobachteten insgesamt 3 Fälle.

Die distalen Epiphysenscheiben besitzen einen hohen Anteil am Gesamtwachstum des Unterarms, er beträgt beim Radius 75 % und bei der Ulna sogar 80 - 81 % (zit. nach Matzner). Eine Ablösung in der Epiphysenlinie wird nicht selten beobachtet, sie ist häufig mit einer Absprengung eines dorsalen Knochenkeils verbunden (Rettig). Dieses Knochenstückchen erhält diagnostische Bedeutung, wenn die Epiphysenlösung spontan reponiert ist (Blount). Die Behandlung erfolgt wie bei den meisten Frakturen am distalen Unterarm durch Reposition und Ruhigstel-

lung im Gipsverband bei Mittelstellung. Geringe Dislokationen können auch hier ausgeglichen werden. Veränderungen der Wachstumstätigkeit sind nur selten zu erwarten. Ein leichtes Mehrwachstum als Ausdruck eines Reizes auf die Wachstumszellen ist nur von geringer Bedeutung, weil es nur kurze Zeit andauert (Matzner). Beim Fall auf die ausgestreckte Hand können Quetschverletzungen der Wachstumszellen eine Wachstumsstörung hervorrufen. Da die Zellen in der Regel nicht gleichmäßig geschädigt werden, tritt im Laufe des weiteren Wachstums eine Winkelfehlstellung auf. Jonasch beobachtete 265 konservativ behandelte geschlossene Epiphysenlösungen am distalen Unterarm und sah nie eine Fehlstellung. Nur bei einer epiphysennahen, operativ eingerichteten und mittels Kirschner-Drahtes fixierten Fraktur trat ein Fehlwachstum auf.

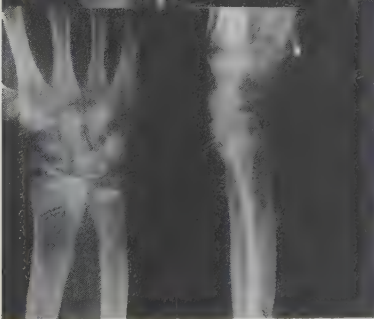
Im Martin Luther-Krankenhaus kamen 7 Epiphysensprengungen bei 6 Kindern zur Behandlung. (Bei einem Patienten waren beide Unterarme betroffen). Bei 3 Fällen handelte es sich um eine kombinierte Epiphysenlösung, in 3 weiteren Fällen war nur der Radius und einmal nur die Ulna beteiligt. 5 Frakturen konnten günstig reponiert und im Gips zur Ausheilung gebracht werden. Die nächste Fraktur ließ sich unter dem Bildwandler nicht einrichten und wurde daher blutig gestellt. Die Nachuntersuchung 4 Jahre später ergab keine Bewegungseinschränkung, keine Fehlstellung und keine Längendifferenz zum anderen Arm. Der letzte Fall soll etwas genauer beschrieben werden:

Abb. Wolfgang R.: Der linke Ärmel des 15-jährigen Patienten wurde in eine Fräse gezogen. Er erlitt eine Absprengung der distalen Radiusepiphyse mit schafthreiter Verschiebung des distalen Fragmentes nach dorsal und geringer Verkürzung. Die Ulna war epiphysisch frakturiert im Sinne einer Grünholzfraktur, sie zeigte eine geringe Abwinkelung nach dorsal. Außerdem bestand ein großer Hautdefekt volar, eine Durchtrennung der Sehne des tiefen Fingerbeugers und eine Eröffnung des Handgelenks. Es wurde eine blutige Reposition durchgeführt, die Sehne wurde genäht, und zur Deckung der Hautwunde wurde eine Thiersch-Plastik vorgenommen. Die Kontrollaufnahme zeigte noch eine Verschiebung des Radiusfragmentes um Kompaktabreite nach dorsal und geringe Winkelbildung. Nach 5 Wochen wurde zur besseren Wundheilung noch eine Braun'sche Pfropfung durchge-

führt, deren Pfröpfe in der Mehrzahl der Fälle angranulierten. 7 Wochen nach dem Unfall wurde mit leichter funktioneller Behandlung begonnen, und bis zur Entlassung 14 Tage später konnte ein ausreichendes Ergebnis erzielt werden. Die Nachuntersuchung 4 1/2 Jahre später läßt vermuten, daß es aufgrund der Verletzung zu einer Schädigung der Wachstumszellen gekommen war und zu einer vorzeitigen Verknöcherung der Metaphyse. Der linke Unterarm war um 1 cm verkürzt, und es bestand eine leichte, nach radial und dorsal offene Winkelbildung. Bei ungestörtem Wachstum hätte ein Ausgleich des bei der Entlassung bestehenden geringgradigen Winkels erwartet werden dürfen. Die Ulnarabduktion war um 20 ° eingeschränkt, die anderen Bewegungen des Handgelenks waren nahezu frei. Die Mittel- und Endgelenke des 4. und 5. Fingers waren steif, was wahrscheinlich auf Narbenbildung im Bereich der Sehnen der Fingerbeuger zurückzuführen ist und dann auf nicht konsequent durchgeführte Bewegungsübungen. Nach Angaben des Patienten schonte er die linke Hand weitgehend. Die grobe Kraft war erheblich vermindert. Sensibilitätsausfälle bestanden nicht.



Wolfgang R., 15 J., 27. 5. 60.
Absprengung der distalen Radiusepiphyse mit schaftbreiter Verschiebung nach dorsal, Verkürzung und dorsaler Abwinkelung. Distaler Grünholzbruch der Ulna.



Wolfgang R., 21. 7. 60
Nach der Reposition bestand noch kompaktbreite Verschiebung und leichte Abwinkelung des distalen Radiusfragments nach dorsal. Konsolidierung in dieser Stellung. Geringe periphere Dystrophie.

Femur

Traumatische Frakturen des Schenkelhalses sind bei Kindern im Vergleich zu älteren Menschen nach Angaben zahlreicher Autoren sehr selten. In unserem Krankengut von 22 Frakturen im Bereich des Femur befand sich keine Schenkelhalsfraktur. Ihr Auftreten setzt eine sehr starke Gewalteinwirkung voraus. Mögliche Frakturformen sind die echte traumatische Epiphysenlösung, der laterale Schenkelhalsbruch und die pertrochantere Schenkelhalsfraktur. Aufgrund eines relativen Überwiegens der Außenroller (*M. gluteus max.*, *M. biceps femoris*) liegt das Bein nach außen rotiert. Eine Adduktion wird dadurch bewirkt, daß die Adduktoren weiter distal ansetzen als die Abduktoren. Bei gut und schonend reponierbaren Frakturen wird ein Becken-Bein-Gipsverband nach Whitman angelegt (Matzner). Böhler und Ehalt berichten von guten Ergebnissen mit einer Drahtextension. Läßt sich eine günstige Stellung jedoch nicht erreichen, dann muß auch im Kindesalter eine Osteosynthese vorgenommen werden, jedoch unter möglicher Schonung der Wachstumsfuge (Rettig). In Frage kommen vor allem glatte Nägel, die bei einer senkrechten Kreuzung der Fuge die geringste schädigende Wirkung zeigen (Rehbein und Hofmann). Diese geringgradige Schädigung ergibt nach ihren Erfahrungen keine nachhaltigen Folgen. Einer besonderen Beachtung bedarf der Collo-Diaphysen-Winkel, der in regelrechter Stellung fixiert werden muß, da eine Coxa vara durch späteres Wachstum nicht ausgeglichen werden kann (Blount). Als Komplikationen können Kopfnekrosen und Pseudarthrosen auftreten, die trotz günstiger Ernährungsbedingungen bei Jugendlichen recht häufig sind (Lange). Nach Matzner neigt der Schenkelhalsbruch bei Kindern sogar leichter zu Kopfnekrosen als bei Erwachsenen.

Eine spezifische Verletzung des Jugendalters ist ein Abriß des Trochanter minor bei plötzlicher Anspannung des *M. iliopsoas*, wie sie etwa bei sportlicher Höchstleistung vorkommt. Das bevorzugte Alter der Apophysenablösung ist die Ausprägungszeit des Trochanter minor. Der Kern tritt bei Knaben zwischen dem 11. und 13. Lebensjahr auf, die knöcherne Verwachsung mit dem Schaft erfolgt im 20. Lebensjahr und später. Bei Mädchen liegen diese Zeitpunkte 1 bis 1 1/2 Jahre früher (zit. nach Matzner).

Wir konnten 3 Verletzungen dieser Art beobachten bei Jungen von 12, 14 und 16 Jahren.

Abb. Axel G., 12 J.: Der Junge verspürte beim Turnunterricht einen plötzlichen Schmerz im rechten Oberschenkel. Bei der Aufnahme zeigte sich, daß er im Sitzen das gestreckte Bein nicht anheben konnte (Ludloff'sches Zeichen). Das Röntgenbild ergab eine Abrißfraktur des Trochanter minor mit Dislokation um 1 1/2 cm nach cranial. Als Behandlungsmaßnahme erfolgte Bettruhe und Lagerung des Beines bei mäßiger Beugung von Hüfte und Knie. Nach 7 Tagen wurde mit aktiven Bewegungsübungen und leichter Massage begonnen, 1 Woche später konnte er bereits wieder aufstehen.



Axel G., 17.12.57.
Abrißfraktur des re.
Trochanter minor
mit Dislokation nach
cranial.

Die beiden anderen Fälle waren dem beschriebenen Fall in Ursache und Symptomen sehr ähnlich und konnten ebenfalls mit konservativen Maßnahmen einwandfrei behandelt werden.

Frakturen des Femurschafts kommen bei Kindern recht häufig vor, in unserem Krankengut befand sich jede 11. Fraktur in diesem Bereich. Nach Matzners Angaben ist sogar jede 4. - 5. kindliche Fraktur eine Femurschaftfraktur. Als Ursache spielen Verkehrsunfälle eine bedeutende Rolle; für unsere Frakturen

waren sie in 5 Fällen verantwortlich.

Verteilung der Femurschaftfrakturen:

	nach <u>Blount</u>	eigene Beobachtungen
proximales Drittel:	18 %	2 Patienten
mittleres Drittel:	70 %	15 "
distales Drittel:	12 %	2 "

Die Dislokationen können je nach der Höhe der Fraktur verschieden sein. Bei der subtrochanteren Fraktur setzen die Adduktoren am distalen Bruchstück an, das proximale Fragment wird daher abduziert. Ante- und Retroversion werden vorwiegend durch den M. iliopsoas und den M. gluteus maximus bestimmt. Bei proximalen Frakturen überwiegt der M. iliopsoas, während bei distaleren Frakturen der über die Fascia lata weiter distal angreifende M. gluteus max. überwiegt. Bei Schaftbrüchen in Kniehöhe wird das distale Fragment oft beträchtlich beugewärts abgelenkt durch den starken Zug des M. gastrocnemius (Matzner). Gemeinsam ist allen Oberschenkelchaftfrakturen die Tendenz zu starker Verkürzung, die durch den Tonus der mächtigen Muskeln hervorgerufen wird. Offene Frakturen und Verletzungen von Nerven und Gefäßen sind wegen des starken Muskelpolsters kaum zu erwarten.

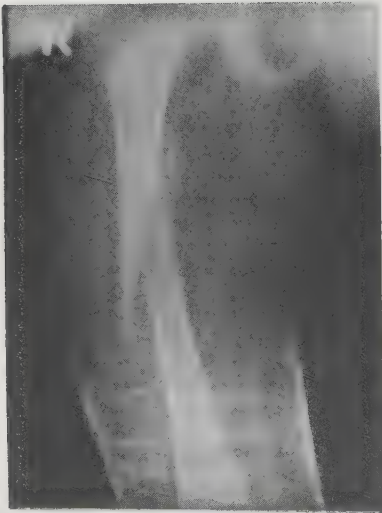
Die Behandlung der Schaftfrakturen erfolgt bei Kindern bis zu etwa 5 Jahren durch eine vertikale Heftpflasterextension (Matzner, Rehbein und Hofmann u. a.). Durch den Zug soll die Gesäßhälfte der verletzten Seite eben von der Unterlage abgehoben werden. Matzner empfiehlt die Abnahme der Extension nach 2 - 3 Wochen und eine weitere Ruhigstellung für 2 Wochen im Becken-Bein-Gipsverband. Blount warnt dagegen davor, die Extension abzunehmen, solange der Callus noch weich ist, die Gefahr einer Abwinkelung sei zu groß. Die Extension dürfe erst entfernt werden, wenn der Callus nicht mehr schmerzhaft sei. Ein Gipsverband sei dann überflüssig.

Im Martin Luther-Krankenhaus wurden 8 Kinder im Alter von 2 - 4 Jahren mit einer vertikalen Heftpflasterextension an dem verletzten Bein behandelt. Bei einem Kinde wurde nach 3 Wochen noch ein Becken-Bein-Gipsverband angelegt.

Abb. Thomas G., 4 J.: Das Kind stürzte im Grunewald und erlitt eine Oberschenkelspiralfraktur rechts an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel. Die Verschiebung des distalen Fragments nach medial betrug halbe Schaftbreite, es bestand eine Verkürzung um etwa 3 cm. Es wurde eine vertikale Heftpflasterextension angelegt, in der sich die Verkürzung fast vollständig ausglich. Eine nach medial und dorsal offene Winkelbildung blieb jedoch bestehen. Das Röntgenbild 3 Wochen nach dem Unfall zeigte reichliche Callusbildung, und 1 Woche später konnte die Extension abgenommen werden. Es erfolgte keine Nachbehandlung. Die Nachuntersuchung 4 Jahre später ergab eine freie Beweglichkeit der angrenzenden Gelenke. Eine Längendifferenz beider Beine bestand nicht. Der Junge hatte keinerlei Beschwerden. Eine Röntgenuntersuchung nach weiteren 2 Jahren zeigte eine völlige Ausheilung der Fraktur. Der geringe nach dorsal offene Winkel war jedoch nicht ausgeglichen. Im Gegensatz zu einer Abwinkelung nach medial oder lateral ist von einer Abwinkelung in der Sagittalebene keine falsche Belastung der Gelenke zu erwarten.

Auch die anderen 7 in einer einseitigen vertikalen Heftpflasterextension liegenden Kinder zeigten gute Behandlungsergebnisse.

Bei einem weiteren Kinde (2 1/2 Jahre) bestand nach der Extensionsanbringung noch eine Verschiebung der Querfraktur um doppelte Schaftbreite nach medial. Es wurde daher eine blutige Reposition vorgenommen und ein Becken-Bein-Gips angelegt. Nach 4 Tagen bestand jedoch wieder eine doppelt schaftbreite Dislokation des distalen Fragments, jetzt nach dorsal, außerdem ein nach dorsal offener Winkel. Der Gips wurde abgenommen und nun eine beiderseitige vertikale Extension in symmetrischer Stellung angelegt (nach Blount). Der Vorteil des beiderseitigen Zuges liegt in einer besseren Einflußnahme auf die Beckenstellung, wodurch das proximale Fragment korrigiert werden kann. Die Fraktur konnte so bis auf eine schaftbreite Verschiebung und eine Verkürzung um 1 cm reponiert werden. Da mit einem vermehrten Längenwachstum und einem Ausgleich der seitlichen Verschiebung zu rechnen ist, wurde die Fraktur in dieser Stellung belassen. Die Callusbildung nahm rasch zu, und nach 3 1/2 Wochen konnte die Extension



Thomas G., 4 Jahre, 25. 9. 59: Spiralfaktur des re. Femur. Geringgradige Verkürzung, nach medial und dorsal offener Winkel. Reichliche Callusbildung.



Thomas G., 3. 8. 66: Es besteht ein leichter nach dorsal offener Winkel. Sonst die Fraktur ohne erkennbare Folgen ausgeheilt.

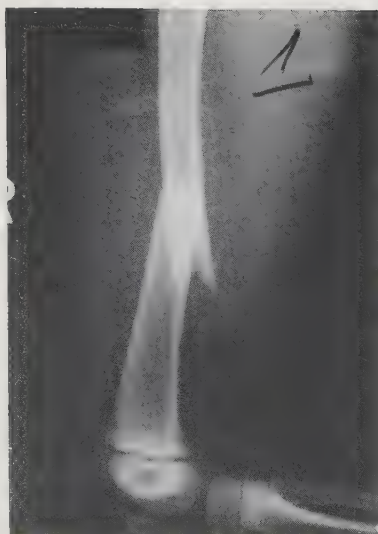
wieder entfernt werden.

Blount konnte in einer großen Serie von Fällen zeigen, daß es nach Fermurschaftfrakturen zu einem durchschnittlichen Mehrwachstum von 1 cm kommt. Diese Beobachtungen konnten Friedrich und Viehweger, Rehbein und Hofmann und andere grundsätzlich bestätigen. Blount stellt daher die Forderung auf, alle dislozierten Fermurschaftfrakturen mit schaftbreiter Verschiebung und Verkürzung um 1 cm zur Ausheilung zu bringen. Hackethal räumt zwar ein, daß es tatsächlich zu einem Ausgleich der Verkürzung und einer Begradigung des Schaftes komme, aber er betont, daß nicht die ursprüngliche Knochenform wiederhergestellt werde. Die neue Achsenrichtung führe zu einer Fehlstellung der Gelenkebenen und dadurch zu einer Fehlbelastung der Gelenke, was namentlich an der unteren Extremität eine wichtige Rolle spiele. Gezielte Nachuntersuchungen über dieses Problem liegen jedoch noch nicht vor.

Die Methoden zur Behandlung von Schaftfrakturen bei Kindern über 5 Jahren unterscheiden sich kaum noch von denen bei Erwachsenen. Der Becken-Bein-Gipsverband als einzige Behandlungsmaßnahme ist zugunsten anderer Verfahren weit in den Hintergrund gerückt. Große Bedeutung besitzt die Drahtextension, besonders bei bestehender oder drohender Verkürzung. Der Draht wird durch die Crista tibiae dicht unterhalb der proximalen Epiphyse gebohrt. Ein Draht durch den Condylus femoris birgt die Gefahr in sich, daß er in die Epiphysenfuge oder das Gelenk einschneidet. Zum Ausgleich einer starken Verkürzung ist eine Drahtextension besser geeignet als eine Hautextension. Auf Hautschäden und Zirkulationsstörungen ist bei letzterer besonders zu achten.

3 der von uns beobachteten Querbrüche kamen allein mit einer Drahtextension zur Ausheilung.

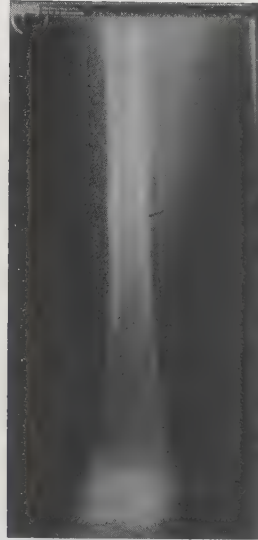
Abb. Hans-Jürgen K.: Der 8-jährige Junge wurde von einem Auto angefahren und erlitt eine Querfraktur des rechten Femurs etwa in Schaftmitte. Die Dislokation des distalen Fragments nach medial betrug über Schaftbreite, und es bestand eine Verkürzung von 4 cm und eine Rotation der Achse. Durch die Tuberositas tibiae wurde eine Drahtextension angelegt, mit deren Hilfe sich die Fehlstellung ausreichend korrigieren ließ. Bei guter Rotationsstellung



Hans-Jürgen K., 8 J., 25.4.52: Querbruch des rechten Femurschaftes mit über schaftbreiter Verschiebung nach medial und Verkürzung um 4 cm. Rotation der Achse.



Hans-Jürgen K., 7.7.52: Nach Drahtextension Ausgleich der Verkürzung. Noch Verschiebung um 1/2 Schaftbreite nach medial und 3/4 Schaftbreite nach dorsal. Geringer, zur Streckseite hin offener Winkel. Ausgedehnte Callusbildung mit Kalkeinlagerung.



Hans-Jürgen K., 2.8.66: Vollkommene knöcherne Ausheilung der Fraktur mit ganz geringgradiger Deformierung.

und ausgeglichener Verkürzung, jedoch mit Verschiebung um $1/2$ Schaftbreite nach medial und $3/4$ Schaftbreite nach dorsal und geringem, zur Streckseite hin offenem Winkel kam es zu reichlicher Callusbildung und anschließender Kalkeinlagerung. Nach 1 Monat wurde die Extension entfernt, und nach insgesamt 6 Wochen konnte der Junge erstmals mit einer Gipsschiene wieder aufstehen. Die Nachuntersuchung nach 12 Jahren ergab keinerlei Beschwerden, es bestand keine Längendifferenz, die Funktion der angrenzenden Gelenke war ungestört. Die Röntgenkontrolle 2 Jahre später zeigte eine völlige knöcherne Ausheilung der Fraktur mit nur eben erkennbarer leichter Deformierung.

Bei den beiden anderen mit Drahtextension behandelten Querbrüchen ließ sich die Stellung noch besser einrichten, Komplikationen traten nicht auf.

In 3 Fällen mit Schrägbrüchen, die zweimal mit einem Draht und einmal mit Heftpflasterstreifen extendiert wurden, gelang keine zufriedenstellende seitliche Reposition, so daß nach einigen Tagen eine subperiostale Drahtumschlingung vorgenommen wurde. Die Frakturen heilten in günstiger Stellung, eine Belastung war nach 5 - 6 Wochen wieder möglich.

(Abb.) Bei weiteren 2 Fällen wurde die Drahtextension lediglich zur Vorbereitung auf eine Küntscher-Nagelung angelegt. Es handelte sich um 2 bereits 16-jährige Patienten, die bei Verkehrsunfällen noch zahlreiche andere eitige Verletzungen davongetragen hatten. 10 bzw. 14 Tage nach dem Unfall wurde ein Nagel oberhalb des Trochanter major eingeschlagen und bis über die Bruchstelle hinweg getrieben. Bei guter Stellung war die Callusbildung in beiden Fällen reichlich. Bei der Nagelentfernung nach jeweils mehr als einem Jahr waren die Frakturen völlig konsolidiert, die Funktion war nahezu uneingeschränkt.

Mehrere Autoren (Matzner, Rehbein und Hofmann) treten dafür ein, die Marknagelung bereits etwa ab dem 6. Lebensjahr anzuwenden. Als besondere Vorzüge betrachten sie die vollständige ununterbrochene Ruhigstellung, die Verhütung von Winkelbildungen oder Drehfehlern und die frühzeitige Belastbarkeit. Rehbein und Hofmann halten neben der geringen Infektionsgefahr nur den Einwand eines vermehrten Längenwachstums für berechtigt. Blount gibt an, daß die Stimulie-



Christine M., 16 J., 1.1.59:
Schrägfraktur des re. Oberschen-
kels im mittleren Drittel. Sehr
starke Verschiebung und Verkür-
zung. Zahlreiche Knochensplitter.



Christine M., 5.1.59:

In Extension Ausgleich der Verkür-
zung. Distales Fragment noch um
Schaftbreite nach dorsal verschoben.
Nach vorn offener Winkel



Christine M., 16.2.59:

Nach Küntscher-Nagelung günstige
Fragmentstellung, keine Winkel-
bildung. Sehr ausgedehnte Callus-
bildung.

rung durch den Nagel etwa 1 - 2 cm betrage. Dagegen glauben Flach und Kudlich, gestützt auf genaue Untersuchungen, daß das Einbringen eines Fremdkörpers keinen zusätzlichen Wachstumsreiz darstelle. Auch Hackethal teilt diese Ansicht. Als weiteren Einwand gegen die Marknagelung führt Rettig an, daß bei Kindern häufiger Fettembolien auftreten als bei Erwachsenen.

Ein anderes Kind (14 J., weiblich) kam mit einer Pseudarthrose zur Aufnahme, nachdem es 2 1/2 Monate vorher einen Schaftbruch im mittleren Drittel erlitten hatte, der außerhalb mittels einer Drahtextension behandelt worden war. Es bestanden jetzt luxuriöse Calluspakete, eine Verschiebung um 3/4 Schaftbreite nach medial und eine nach medial und dorsal offene Winkelbildung. Die Pseudarthrose-stelle wurde eröffnet und durchmeißelt, und nachdem die periostalen Knochenwucherungen entfernt worden waren, wurde ein Küntscher-Nagel über dem Trochanter major eingeschlagen und in das distale Bruchstück vorgetrieben. Der postoperative Verlauf war komplikationsfrei. Bei der Nagelentfernung nach 6 Monaten zeigte sich eine feste knöcherne Überbrückung des Bruchspaltes bei guter Achsenstellung. Es bestand noch eine Verkürzung um 1 cm und eine Beugungseinschränkung im Kniegelenk um 15 °. Die Nachuntersuchung nach 10 Jahren ergab keine Längenänderung mehr, die Beugung war noch um 10 ° vermindert. Anderweitige Beschwerden bestanden nicht.

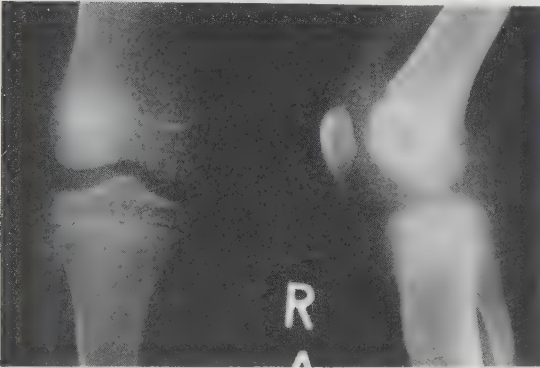
Als letzte Verletzung des Femurs sahen wir eine Infraktion des distalen Femur-endes mit Haemarthros. Das Kniegelenk wurde punktiert, anschließend wurde das Bein auf einer Braun'schen Schiene gelagert. Der Heilverlauf war komplikationslos.

Unterschenkel

Im Bereich des Kniegelenks fanden wir eine typische, jedoch recht seltene Fraktur, die den tibialen Anteil des Gelenks betraf:

Abb. Ingrid H.: Das 9-jährige Mädchen stürzte beim Rollerfahren und verdrehte den rechten Unterschenkel nach innen. Durch den Zug des vorderen Kreuzbandes wurde ein schnabelförmiges Knochenstück von der Eminentia intercondylaris abgerissen. Bei der Operation wurde das Bruchstück reponiert und mit einer darübergelegten Synovialfalte

fixiert. Die Ruhigstellung erfolgte in einer Gips-U-Schiene. Nach 5 Wochen durfte das Kind erstmals aufstehen. Die Nachuntersuchung 7 Monate später zeigte eine kleine Einschränkung der Beugung um 10° , weitere Residuen bestanden nicht.



Ingrid H., 2. 9. 52:
Schnabelförmiger
Abriß an der Emi-
nentia intercon-
dylaris rechts.

Nach Blount kommt es beim Kind eher zu einem Abriß des vorderen Kreuzbandansatzes als zu einem Riß des Kreuzbandes. Er gibt eine Operationsmethode an, bei der das Fragment durch eine Drahtschlinge gehalten wird. Die Drahtenden werden unter Schonung des Epiphysenknorpels durch Bohrlöcher in der proximalen Tibia nach vorne geführt und dort zusammengedreht.

Die sehr häufigen Frakturen des Unterschenkels - von 206 im Martin Luther-Krankenhaus stationär behandelten Frakturen befanden sich 74 im Bereich des Unterschenkels - treten meistens erst in etwas höherem Lebensalter auf. Nur 5 Kinder waren hier jünger als 7 Jahre. Zumeist entstehen die Frakturen indirekt durch Drehung oder Umknicken. Die aus der Drehung resultierenden Spiral- und Schrägbrüche treten am häufigsten an der schwächsten Stelle der Tibia zwischen mittlerem und distalem Drittel auf. Die Fibula ist in vielen Fällen mitbetroffen. Eine isolierte Fibulaschaftfraktur kann jedoch nicht durch Drehung, sondern nur durch direkte Gewalteinwirkung entstehen (Matzner). Durch Umknicken entstehen meistens Frakturen im supramalleolären Bereich oder an den Malleolen.

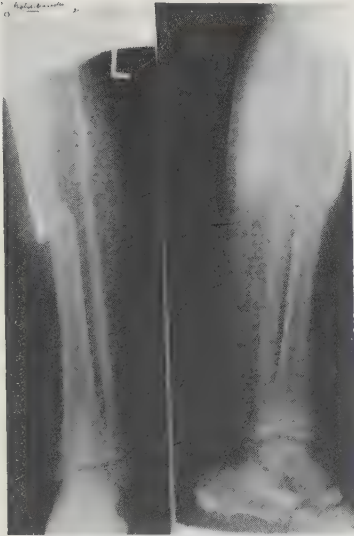
Die Entstehung einer offenen Fraktur am Unterschenkel ist sehr begünstigt durch die Lage der Facies medialis der Tibia unmittelbar unter der Haut. Bei Schrägbrüchen besteht besonders die Gefahr einer Durchspießung der Cutis durch die spitzen Fragmente. Wir beobachteten jedoch keine offene Fraktur.

Die Zweiknochigkeit des Unterschenkels birgt nicht so viele Gesichtspunkte wie die des Unterarms, da Tibia und Fibula nicht gelenkig miteinander verbunden sind. Bei isolierten Frakturen der Tibia oder Fibula verhindert der erhaltene Knochen über die Membrana interossea eine stärkere Dislokation der Fragmente. Der erhaltene Knochen schient die Fraktur, er kann allerdings auch bei Repositionsversuchen ein Hindernis darstellen. Eine isolierte Fibulafaktur ist für die Statistik des Beines ohne Bedeutung, da das Körpergewicht ganz auf der Tibia ruhen kann.

Frakturen der proximalen Tibiaepiphyse und des proximalen Tibiaendes sahen wir nicht. Wir beobachteten 48 Schaftfrakturen, die bis auf wenige Ausnahmen etwas unterhalb der Tibiamitte lokalisiert waren. In 26 Fällen war die Fibula mitfrakturiert. Isolierte Fibulaschaftfrakturen kamen nicht zur Behandlung. Bei 37 der 48 Schaftfrakturen handelte es sich um Schräg- und Schraubenbrüche. 16 dieser Frakturen mit zum Teil nur geringer Dislokation heilten ausgezeichnet in einer zumeist bis zur Mitte des Oberschenkels reichenden Gips-U-Schiene. 2 weitere Frakturen, bei denen außerhalb ein zirkulärer aufgeschnittener Unterschenkelgips angelegt worden war, heilten ebenfalls komplikationslos.

In den Fällen, bei denen sich mittels manueller Reposition, in 2 Fällen auch mittels einer Drahtextension durch den Calcaneus, keine günstige End-zu-End- oder Achsenstellung der Fragmente erreichen ließ, entschloß man sich zur subperiostalen Drahtumschlingung (Abb.). 19 mal wurde dieser Eingriff an der Tibia vorgenommen, Komplikationen traten dabei nicht auf. Lediglich bei der Drahtentfernung entwickelte sich in einem Falle eine lokale Osteomyelitis, die nach der Entfernung von 2 Sequestern innerhalb von 4 Wochen zur Ausheilung kam. Die Konsolidierung der Frakturen erfolgte jeweils in befriedigender Adaption der Fragmente ohne nennenswerte Achsenfehlstellung.

Auch bei Tibiaschaftfrakturen, und hier vor allem bei der Schrägfraktur, sind die



Monika M., 8 J., 17.11.53:
Komplette Unterschenkelschaft-
fraktur li. . Schrägbruch der
Tibia mit Kompaktasplittern
dorsal und lateral.



Monika M., 28.12.53:
Nach der Drahtumschlingung be-
steht ein leichter nach lateral und
dorsal offener Winkel. Deutliche
Callusbildung.



Monika M., 26. 7.54:
Nach Drahtentfernung reaktions-
lose Furchen. Kleiner abgebroche-
ner Drahtrest im Bereich des dista-
len Ringes. Konsolidierung der Frak-
tur. Teilweiser Ausgleich der Win-
kelbildung.

Stellungnahmen in der Literatur zur operativen Korrektur nicht einheitlich. Blount, der sich fast immer für konservative Maßnahmen ausspricht, empfiehlt bei starker Verschiebung und Verkürzung das Anlegen einer Drahtextension. Eine Verkürzung bis zu 1 cm hält er wegen eines späteren Wachstumsausgleichs für zulässig. Rettig erachtet eine Cerclage bei älteren Kindern mit nachlassendem Wachstum unter Umständen für notwendig. Forssmann verwendet immer eine Drahtcerclage, wenn sich Schräg- und Torsionsbrüche im Gips nicht ausreichend stellen lassen. Er betont, daß zur Schonung des Periosts dieses nur wenig vom Knochen abgehoben werden sollte.

Als andere Form des Schaftbruchs sahen wir 11 Querfrakturen, die vorwiegend durch direkte Gewalt verursacht waren. 9 Fälle konnten manuell ausreichend reponiert und verzahnt werden und in einer hohen Gips-U-Schiene ruhiggestellt werden. Die Konsolidierung erfolgte in guter Stellung. In einem weiteren Falle ließ sich eine schaftbreite Verschiebung der Tibia nach fibular konservativ nicht verbessern. Durch blutige Reposition wurde eine optimale Tibiastellung bei nur gering verschobener Fibula erreicht. Im U-Gips kam die Fraktur in dieser Stellung zur Ausheilung. Der letzte Querbruch, bei dem eine Verkürzung von ca. 3 cm vorlag, wurde mittels einer Drahtextension durch den Calcaneus behandelt. Mit aufgehobener Verkürzung und guter Achsenstellung, jedoch mit kompakter Tibiaverschiebung nach dorsal und schaftbreiter Fibulaverschiebung trat knöcherne Heilung ein.

Eine mehr Gefahren bergende Fraktur im Kindesalter ist die Fraktur im supra-malleolären Bereich. Die hier liegende Epiphysenfuge und das benachbarte obere Sprunggelenk können zu wesentlichen Komplikationen führen. Frakturen, die bis in das Gelenk reichen, müssen genauestens reponiert werden, um eine stufenlose Gleitfläche zu gewährleisten (Matzner). Verletzungen der distalen Tibiaepiphyse verursachen am häufigsten von allen Epiphysenverletzungen eine Schädigung der Wachstumszone (nach Blount). Der Wachstumswert der distalen Tibiaepiphyse, bezogen auf das Gesamtwachstum der Tibia, beträgt 43 - 45 % (Blount, Matzner), so daß gegebenenfalls mit erheblichen Störungen zu rechnen ist. Zunächst führt eine partielle Schädigung der Epiphyse zu einer zunehmenden Achsenknickung und Störung der Gelenkmechanik. Sekundär erfolgt durch die un-

gleiche Belastung der Wachstumsfuge eine zusätzliche Druckschädigung (Schlegel).

Eine eingetretene Fehlstellung wird durch notfalls wiederholte supramalleoläre Osteotomien korrigiert. Schlegel rät eher zur Einfügung eines Knochenkeils an der geschädigten Seite als zur Keilausschneidung an der unverletzten Seite, um eine weitere Verkürzung zu vermeiden. Ein gewisser Längenausgleich erfolgt auch dadurch, daß bei jeder Osteotomie ein Wachstumsreiz gesetzt wird. Läßt sich eine Längendifferenz zum anderen Bein nicht verhindern, so empfiehlt sich eine temporäre Klammerung der schneller wachsenden Epiphysenscheibe (Epiphyseodese nach Blount).

Die Ursache einer supramalleolären Fraktur besteht häufig in einem Umknicken oder auch einem Verdrehen des Fußes; bei den 17 von uns beobachteten Kindern ließ sich 9 mal ein Umknicken und 5 mal ein Verdrehen als hauptsächliche Unfallursache feststellen. Eine ausgesprochene Stauchung, die am ehesten für eine Schädigung der Wachstumszellen verantwortlich ist, sahen wir in nur 2 Fällen. Eine Fraktur trat als Folge eines Mopedunfalls auf. Die Fibula war in insgesamt 10 Fällen mitfrakturiert etwa auf gleicher Höhe, starke Fibuladislokationen bestanden nicht. 16 der 17 Frakturen zeigten eine Beteiligung der Epiphysenfuge. Zu einer Loslösung der Epiphyse kam es bei 6 Kindern im Alter von 10 - 16 Jahren, in 4 Fällen kombiniert mit einer Fraktur der distalen Tibiadiaphyse. In den anderen Fällen verlief die Fraktur- oder Fissurlinie quer durch die Wachstumszone.

Bei Verdrehungen oder Abknickungen treten erhebliche Spannungen an der Syndesmosis tibiofibularis auf. Das Ligamentum tibiofibulare erweist sich meistens fester als der Knochen, so daß ein Stück des Knochens abreißt. In 5 Fällen sahen wir den Abbruch eines keilförmigen Stückes von der distalen Tibia, des sog. Volkmann'schen Dreiecks, einmal kombiniert mit einer Sprengung der Syndesmose. Bei einem weiteren Kinde bestand lediglich eine dreieckige Absprengung an der distalen Tibiaepiphyse.

Da die Dislokation zumeist nur geringfügig war, machte die manuelle Reposition bis auf 2 Fälle keine Schwierigkeiten. Stufen in der Gelenkfläche waren nicht vor-

handen. Nach einer kurzen Ruhigstellung auf einer Volkmann'schen oder Braunschenschiene zum Abklingen der Schwellung wurden die Frakturen in einer Gips-U-Schiene fixiert. Die durch einen Mopedunfall stark nach vorn verschobene Epiphyse konnte mittels einer Drahtextension gut reponiert werden. Bei der letzten Fraktur, bei der eine Torsionsfraktur im distalen Drittel des Tibiaschaftes vorlag, kombiniert mit einer Sprengung der Epiphysenfuge, wurde die Torsionsfraktur mit einer Drahtumschlingung behandelt. Komplikationen traten nach all diesen Frakturen nicht auf.

Wir konnten 6 Patienten mit einer Verletzung im Bereich der Epiphysenfuge nach 3 - 10 Jahren nachuntersuchen. Eine klinisch meßbare oder Beschwerden verursachende Längenänderung oder Fehlstellung beobachteten wir nicht. Lediglich in 2 Fällen war die Plantarflexion des Fußes, gemessen an der anderen Seite, um etwa 10 ° eingeschränkt.

Die bei Erwachsenen sehr häufigen Knöchelbrüche kommen bei Kindern nur selten vor. Einerseits ist ihr Bandapparat elastischer und kann manche Gewalteinwirkung abfangen, auf der anderen Seite ist bei einer überschwelligem Gewalt eher der supramalleoläre Bereich für eine Fraktur prädestiniert. Titze gibt die Häufigkeit der kindlichen Knöchelbrüche mit 3,95 % aller kindlichen Knochenbrüche an. Unter 206 Frakturen der langen Röhrenknochen sahen wir 9 Knöchelbrüche, was die Angabe von Titze zu bestätigen scheint.

Unterschieden werden Supinations- und Pronationsfraktur. Beim Supinationstyp wird durch den Zug der Ligamenta calcaneofibulare und talofibulare der laterale Malleolus abgerissen, bei stärkerer Gewalteinwirkung schert der Talus zusätzlich den medialen Malleolus ab. Beim Pronationstyp wird entsprechend durch das Ligamentum deltoideus der innere Knöchel abgerissen und gegebenenfalls durch den Talus der äußere Knöchel abgesichert.

Frakturen beider Knöchel kamen nicht zur Behandlung, sondern nur Einzelfrakturen. Die einzige mediale Malleolarfraktur war durch einen Verkehrsunfall verursacht. Der Epiphysenknorpel, der nach Titze häufig geschädigt ist, war nicht betroffen. Bei nur geringfügiger Dislokation war eine Ruhigstellung im U-Gips

ausreichend. Matzner empfiehlt bei stärkerer Diastase oder anderweitiger Dislokation eine primär offene Stellung zur Vermeidung einer Pseudarthrose und zur Wiederherstellung einer glatten Gelenkfläche. Zur Osteosynthese verwendet er eine Klammer, die die Epiphysenfuge überbrückt und damit ihre Verletzung vermeidet.

Bei den 8 Frakturen des lateralen Malleolus lag in 7 Fällen keine oder nur eine geringfügige Dislokation vor. Die Ruhigstellung erfolgte ebenfalls in einer Gips-U-Schiene, in einem Falle sogar nur in einem Elastoplastverband. Zur Entlassung war die Funktion bereits weitgehend wiederhergestellt. Titze und Matzner stellen übereinstimmend fest, daß eine Schädigung des Epiphysenkorpels und damit spätere Beschwerden nicht zu erwarten seien. Die 8. Fraktur zeigte eine kompaktbreite Diastase der Fibulafragmente. Wegen starker Weichteilschwellungen wurde das Bein zunächst nur auf Schienen gelagert. So konnte sich eine Luxation der Talusrolle entwickeln mit Rotation nach außen, der Malleolus wurde nach dorsal verschoben. Mit konservativer Reposition ließ sich jedoch wieder eine optimale Gelenkstellung erreichen bei geringgradiger Diastase der Fibulafragmente. Im U-Gips konnte die Stellung fixiert und die Fraktur zur Ausheilung gebracht werden. Die Nachuntersuchung 2 1/2 Jahre später ergab eine nur um 5 ° beeinträchtigte Dorsalflexion, alle anderen Bewegungen waren uneingeschränkt.

Zusammenfassung

Im allgemeinen Teil werden jene Faktoren zusammengestellt, die die Eigentümlichkeit des kindlichen Knochens ausmachen. Geringe Kalkeinlagerung und knorpelige Abschnitte bedingen eine hohe Elastizität. Kräftiges aktives Periost besorgt das Dickenwachstum, im Frakturfall kann es die Fragmente vor Verschiebung bewahren. Das Längenwachstum findet in der Metaphyse statt, in deren Verkalkungszone leicht eine Ablösung eintritt. Eine Schädigung der Wachstumszellen führt zu einer Wachstumshemmung, während eine Fraktur außerhalb der Metaphyse einen Reiz zum Wachstum darstellt. Die Knochenbruchheilung, deren wesentlichste Vorgänge beschrieben werden, erfolgt bei Kindern schneller als bei Erwachsenen wegen ausgezeichneter Regenerationsfähigkeit und reichlicher Gefäßversorgung der Knochen.

Der spezielle Teil berichtet über 206 Frakturen im Kindesalter und geht auf die jeweiligen Besonderheiten und Schwierigkeiten ein. Bei den zunächst betrachteten Humerusfrakturen wird eine Epiphysenknorpelschädigung am proximalen Ende beschrieben. Für die Ruhigstellung der Oberarmfraktur gilt, daß der Oberarm für längere Zeit in jeder beliebigen Stellung gehalten werden kann, ohne daß Schäden an Muskulatur und Gelenken auftreten. Die häufigen supra- und diacondylären Frakturen bereiten wegen des kurzen distalen Fragments gelegentlich Fixationsschwierigkeiten. Drahtextension und percutane Bohrdrahtfixation haben sich in diesen Fällen gut bewährt. Die einfache Fixation erfolgt im Gipsverband, der zur Vermeidung von Durchblutungsstörungen aufgeschnitten werden sollte. Frakturen im Ellenbogenbereich sind besonders ischaemiegefährdet, unterstützend wirken ein großes Haematom, ein ausgeprägtes Oedem, starke Verschiebung der Fragmente und ein Spasmus der Gefäße. Frakturen des Condylus lateralis müssen bei starker Dislokation reponiert und möglichst fest, am besten mit Drahtstiften, fixiert werden. Fehlstellungen ziehen das Gelenk in Mitleidenschaft, Abrisse des Epicondylus medialis sind wegen dessen Apophysencharakters weniger bedeutungsvoll, werden aber im allgemeinen bei großer Dislokation auch operativ gestellt.

Olecranon- und Radiusköpfchenfrakturen lassen sich häufig konservativ behandeln, eine blutige Reposition kann jedoch manchmal notwendig werden. Das Radiusköpf-

chen darf aber nicht entfernt werden. Bei den Unterarmfrakturen im Schaftbereich und am distalen Ende sind Radius und Ulna meistens gemeinsam betroffen. Zur Ruhigstellung wird ein Gips in der Regel bis über den Ellenbogen angelegt. Bei in Achsenfehlstellung geheilten Frakturen spielt die Pro- und Supinationsbewegung für das Auftreten von Refrakturen eine wichtige Rolle. Begünstigend wirken ferner eine kurze Ruhigstellung und geringe Callusbildung bei Grünholzbrüchen und glatten Querbrüchen. Eine einwandfreie Achsenstellung läßt sich durch eine Markraumschienung erreichen. Es besteht jedoch die Gefahr, daß durch die feste Fixation eine Diastase der Bruchstücke eintritt mit nachfolgender Pseudarthrose. Die Epiphysenscheiben des distalen Unterarms sind oft von einer Fraktur betroffen, Komplikationen zeigen sich aber selten.

Bei starker Gewalteinwirkung sind auch bei Kindern Schenkelhalsbrüche möglich. Eine typische Femurfraktur ist ein Abriß des Trochanter minor durch Zug des M. iliopsoas. Die Behandlung erfolgt konservativ. Für Femurschaftfrakturen hat sich bei kleinen Kindern bis ca. 5 Jahren die vertikale Heftpflasterextension an einem Bein oder beiden Beinen gut bewährt. Bei älteren Kindern ist die Drahtextension meistens erfolgreich. Als operative Maßnahme hat die Marknagelung Bedeutung erlangt. Da nach Oberschenkelchaftfrakturen ein durchschnittliches Mehrwachstum von 1 cm auftritt, wird eine prophylaktische Verkürzung in Erwägung gezogen. Die dazu notwendige schaftbreite Verschiebung führt aber zu einer Veränderung der ursprünglichen Achsenrichtung und möglicherweise zu Gelenkschäden.

Als Kniegelenksverletzung fand sich ein durch den Zug des vorderen Kreuzbandes verursachter Knochenabriß von der Eminentia intercondylaris. Tibiaschaftbrüche, meistens Spiralrücke, seltener Querbrüche, werden bei genügender Reposition in einer Gips-U-Schiene ruhiggestellt. Begleitende oder isolierte Fibulaschaftfrakturen sind von untergeordneter Bedeutung. Zum Ausgleich einer Verkürzung ist ein Fersendrahtzug geeignet. In vielen Fällen wurde im Martin Luther-Krankenhaus bei starker Verschiebung eine subperiostale Drahtumschlingung mit gutem Erfolg vorgenommen. Schädigungen des distalen Tibiaepiphysenknorpels

sind wegen eintretender statischer Beschwerden besonders wichtig. Zum Ausgleich einer Fehlstellung sind mehrfache Osteotomien notwendig. Knöchelfrakturen sind bei Kindern nicht häufig, da ein Umknicken des Fußes eher zu einer supramalleolären Fraktur führt.

- Ascenzi, A., a. Benedetti, E.L.: An electron microscopic study of the foetal membranous ossification. Basel: Acta anat. 37, 370 - 385 (1959).
- Axhausen, G., und Bergmann, E.: Die Ernährungsunterbrechungen am Knochen. Handbuch der Speziellen Pathologischen Anatomie und Histologie, Band IX, 3. Teil, Seite 118 - 203. Bln: Springer 39.
- Baumann, E.: Zur Behandlung der Knochenbrüche am Ellenbogengelenk. Langenbecks Arch. klin. Chir. 295, 300 - 304 (1960).
- Becker, .: Über Knochenheilungsstörungen im Kindesalter. Med.-Diss. Berlin 1944.
- Block, W.: Die normale und gestörte Knochenbruchheilung. Stuttgart: Ferdinand Enke 1940.
- Blount, W.P.: Knochenbrüche bei Kindern. Stuttgart: Thieme 1957.
- Böhler, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Wien-Bonn-Bern: Wilhelm Maudrich 1954.
- Böhler, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung, Erg.-Bd. Wien: Wilhelm Maudrich 1963.
- Böhler, L.: Konservative und operative Behandlung der kindlichen Oberarmbrüche. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 630 - 632 (1963).
- Bukhni, A.F.: Olecranon fractures in children and their management. Ortop. Travm. Protez. 1962 Nr. 8, 10 - 13 u. engl. Zusammenfassung
- Büttner, A.: Über Refrakturen im Kindesalter. Chirurg 19, 347 (1948).
- Büttner, A., und Vorwerk, A.: Über ellenbogengelenksnahe Oberarmbrüche beim Kinde. Bruns' Beitr. 177, 51 (1948).
- Damje, N.G.: Grundlagen der Traumatologie des Kindesalters. Berlin:VEB Volk und Gesundheit 1955.
- Ehalt, W.: Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen. Stuttgart: Ferdinand Enke 1961.

- Ehlers, P.N., und Eberlein, H.: Epiphysenfrakturen. Klinischer Beitrag zur Frage der Spätfolgen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 305, 213 - 230 (1964).
- Fanconi, G.: Die Erkrankungen des Bewegungsapparates. Lehrbuch der Pädiatrie, Basel: Bruno Schwabe u. Co., 754 - 781 (1952).
- Flach, A., u. Kudlich, H.: Das Längenwachstum des Röhrenknochens nach Schafffrakturen an der unteren Extremität bei Kindern und Jugendlichen. Zbl. Chir. 87, 2145 - 2154 (1962).
- Fontaine, R., Muller, J.N., et Djordevic, L.U.: Les fractures sus-condyliennes de l' humérus chez l' enfant et leur traitement. A propos de 90 observations personnelles suivies. Lyon chir. 57, 518 - 530 (1961).
- Fontaine, R., Muller, J.N., Suhler, A., et Gangloff, J.M.: Les fractures diaphysaires de l' avant-bras chez l' enfant et leur résultats. A propos de 122 observations suivies. Strasbourg méd., N.S., 14, 829 - 846 (1963).
- Forssmann, W.: Frakturenbehandlung im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 617 - 620 (1963).
- Friedrich, H.W., und Viehweger, G.: Zur Frage der Wachstumsstörungen nach Epiphysenfrakturen. Chirurg 27, 262 (1956).
- Haack, K.: Zur Behandlung der Oberschenkelfrakturen im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 296, 448 - 455 (1960).
- Hackethal, K.H.: Vollapparative geschlossene Fraktur-Reposition und percutane Markraum-Schienung bei Kindern. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 621 - 626 (1963).
- Hedström, Ö.: End results in the treatment of Monteggia fractures. A follow-up study of twelve cases. Acta ortop. scand. 32, 46 - 52 (1962).
- Heinzel, J.: Behandlungsergebnisse der kindlichen Oberschenkelfrakturen der letzten 10 Jahre. Langenbecks Arch. klin. Chir. 295, 309 - 311 (1960).

- Jonasch, E.: Folgen der blutigen Einrichtung von Epiphysenlösungen oder epiphysennahen Frakturen am distalen Vorderarm. Chir. Prax. 1960, 65 - 68.
- Joost, U.: Rezidive bei Frakturen am wachsenden Skelett. Med.-Diss. Berlin 1960.
- Kamprath, P.: Ein einfaches Verfahren zur Einrichtung und zum Festhalten schwerer supracondylärer Brüche beim Kind. Chirurg. 23, 110 (1952).
- Kapel, O.: Refraktura antebrachii. Chirurg 9, 932 (1937).
- Klapp, R., und Rückert, W.: Die Drahtextension in der Friedens- und Kriegschirurgie. Stuttgart: Ferdinand Enke 1944.
- Koszla, M.M.: Die Behandlung der Oberschenkelbrüche bei Kindern. Beitr. Orthop. 10, 209 - 216 (1963).
- Krösl, W.: Operative Behandlung der kompletten Epiphysenlösung am proximalen Speichenende. Chir. Prax. 1960, 49 - 54.
- Küntscher, G.: Die Behandlung der Pseudarthrose im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 610 - 616 (1963).
- Lagrange, J., et Rigault, P.: Fractures du condyle externe. Rev. Chir. orthop. 48, 415 - 446 (1962).
- Lange, M.: Münch. med. Wschr. 93, 1925 (1951)
- Lauche, A.: Die Zusammenhangstrennungen der Knochen. Handbuch der Speziellen Pathologischen Anatomie und Histologie, Band IX, 3. Teil, Seite 204 - 308. Berlin: Springer 1939.
- Lexer, E.: Die Bedeutung des Vitamins C für die Kallusbildung und reaktive Gefäßfüllung. Arch. klin. Chir. 195, 611 (1939).
- Magnus, G.: Frakturen und Luxationen. Berlin: Springer 1939.
- Manhejm: Zur Klinik der Frakturen bei Kindern. Zbl. f. d. ges. Kinderheilk. 25, 1931.

- Mann, T.S.: Prognosis in supracondylar fractures. J. Bone Jt. Surg. 45-B, 516 - 522 (1963).
- Matzner, R.: Chirurgische Erkrankungen im Bereich des Bewegungsapparates. Lehrbuch der Chirurgie und Orthopädie des Kindesalters. Band II, Seite 717 - 844. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959.
- Plagemann, M.: Zur Frage der Knochenbruchheilung im Kindesalter. Med. -Diss. Berlin 1954.
- Rehbein, F., und Hofmann, S.: Knochenverletzungen im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 539 - 562 (1963).
- Rettig, H.: Frakturen im Kindesalter. München: Bergmann 1957.
- Riebenack : Das funktionelle Ergebnis bei Knochenbrüchen von Kindern. Med. Diss. Berlin 1942.
- Riess, J.: Abbruch des Condylus radialis am unteren Oberarmende bei Jugendlichen. Z. Orthop. 80, 427 (1951).
- Röhl, L.: Über Frakturen des radialen Humeruscondylus bei Kindern. Acta chir. scand. (Stockh.) 104, 74 (1952).
- Sailer, W.: Bruns' Beitr. klin. Chir. 173, 26 (1942).
- Schlegel, K.F.: Spätfolgen der Epiphysenverletzungen und deren Behandlung. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304, 627 - 630 (1963).
- Seddon, Sir Herbert: Volkmann's ischaemia. Brit. med. J. 1964, I, 1587 - 1592
- Titze, A.: Knöchelbrüche bei Kindern. Klin. Med. (Wien) 18, 116 - 121 (1963).
- Voss, H.: Grundriss der normalen Histologie und mikroskopischen Anatomie. Leipzig: VEB Georg Thieme 1959.
- Witt, A.N.: Zur operativen Behandlung der supracondylären Humerusfraktur im Kindesalter. Chirurg 26, 488 - 491 (1955).

Herrn Professor Domrich danke ich sehr herzlich für die Auswahl und Überlassung des Themas und die Ratschläge, die er mir für die Anfertigung der Arbeit gegeben hat.

Lebenslauf

Am 12. 6. 1940 wurde ich als 3. und letztes Kind meines Vaters, Dr. med. Wolrad Klapp, und meiner Mutter, Elsa Klapp, geb. Hummell, in Gießen an der Lahn geboren. Nach Kriegsende gelangte die Familie nach Erndtebrück/Westfalen, wo ich die Volks- und Realschule besuchte. 1953 wechselte ich zum Jung-Stilling-Aufbaugymnasium im benachbarten Hilchenbach über. 1955 zogen meine Eltern nach Hannover, während ich - nun als Internatsschüler - in Hilchenbach blieb. Ostern 1959 bestand ich dort das Abitur und begann anschließend das Medizinstudium in Freiburg. Nach dem Vorphysikum und dem Physikum in Freiburg folgten 2 klinische Semester in München; die abschließenden Semester studierte ich in Berlin. Am 21. 10. 1965 bestand ich vor dem Ärztlichen Ausschuß der Freien Universität das Staatsexamen.

Als Medizinalassistent war ich zunächst für 4 Wochen Gast an der IV. Chirurgischen Universitätsklinik in Helsinki. Für 8 Monate arbeitete ich dann am Pathologischen Institut des Städtischen Krankenhauses Neukölln. Am 1. 9. 1966 habe ich meine jetzige Stelle auf der Inneren Abteilung der Sophienklinik in Hannover angetreten.

